

Synergipotentialiet i satellitbaserede systemer og droner i Arktis



Synergipotentialt i satellitbaserede systemer og droner i Arktis

DTU Space, februar 2015

Jens Olaf Pepke Pedersen,
med bidrag af Sabina Askholm Larsen, Simon Ekholm, Flemming Hansen, Inge Sandholt, Niels Andersen, Sune Nordentoft Lauritsen, Michael Linden-Vørnle

Illustrationer: Jan Erik Rasmussen

Copyright: Hel eller delvis gengivelse af denne publikation er tilladt med kildeangivelse
Forsidetegning: Droner kan løse opgaver i forbindelse med fx overvågning og eftersøgning
Udgivet af: Institut for Rumforskning og -teknologi, Danmarks Tekniske Universitet, Elektrovej 328, 2800 Kgs. Lyngby
www.space.dtu.dk

ISBN: 10-87-92477-24-0 (trykt udgave)
13-978-87-92477-24-8 (trykt udgave)

ISBN: 10-87-92477-25-9 (elektronisk udgave)
13-978-87-92477-25-5 (elektronisk udgave)

Indhold

1. Forord	4
2. Resume	5
3. Kommunikation	10
4. Overvågning	13
5. Navigation	18
6. Kortlægning	21
7. Andre emner	24
8. Andre arktiske nationers målsætninger og aktiviteter	25
9. Eksisterende og fremtidig ruminfrastruktur	26
10. Appendiks	27

1. Forord

En veludbygget infrastruktur er grundlaget for et samfunds stabilitet og udvikling. Udbygning af infrastrukturer skal være visionære og foran et samfunds løbende vækst og forpligtelser, da gennemtænkte infrastrukturer baner vejen for nye ideer og holdbare løsninger. Dette gælder ikke mindst i Arktis, hvor basale infrastrukturer er yderst sparsomme eller helt fraværende. Satellitsystemer er naturlige at bruge i et sådant uvejsomt område til at sikre tilstrækkelig kommunikation og overblik, og vil udgøre en rygrad i en øget tilstedeværelse i Arktis.

Niels Andersen

Leder af DTU's center for polare aktiviteter – Polar DTU.

2. Resume

Denne rapport er en del af et projekt, som DTU udfører for Uddannelses- og Forskningsministeriet, hvor DTU i samarbejde med interessenter i Rigsfællesskabet undersøger mulighederne for at benytte satellitter og droner i løsningen af Forsvarets og civilsamfundets opgaver i Arktis. Satellitter og droner har mange anvendelser som en platform, der kan imødekomme både Forsvarets og civilsamfundets behov og således udgøre grundstammen i en fælles infrastruktur.

Samtidig er der et betydeligt potentiale i en satellit- og dronebaseret infrastruktur i Arktis som en katalysator for en bæredygtig økonomisk udvikling. Investeringer i en rumbaseret infrastruktur i Arktis vil derfor ikke blot bidrage til løsningen af Rigsfællesskabets nuværende opgaver i Arktis, men også direkte kunne øge den fremtidige vækst og værdiskabelse i denne del af Rigsfællesskabet.

Nærværende rapport er en midtvejsrapport, der har koncentreret sig om at inddrage interessenter i Grønland og på Færøerne samt eksternt rapportmateriale (se appendiks), og en endelig rapport vil foreligge senere i 2015. Der kan dog allerede nu identificeres fire hovedområder, hvor satellitter og droner kan bidrage til både Forsvarets og det civile samfunds opgaveløsning i Arktis, nemlig

- kommunikation
- overvågning
- navigation
- kortlægning

Nogle af de teknologiske muligheder skitseres i tabellen nedenfor, der også antyder tidsperspektivet for de forskellige løsninger. Den tekniske udvikling har øget mulighederne for at producere mindre, brugerdefinerede satellitsystemer, og Danmark har den teknologiske kapacitet til at udvikle sin egen struktur eller indgå i et samarbejde med andre nationer. Samtidig har danske forskningsmiljøer i samarbejde med dansk industri opbygget en stor kompetence indenfor rumforskning og rumteknologi. Satellitprojekter udføres ofte i et internationalt samarbejde, og her vil danske investeringer i satellitter i Arktis også give et afkast i form af adgang til andre nationers satellitdata.

For nærværende er Danmark den eneste af de fem arktiske kyststater, som ikke har et nationalt satellitprogram for Arktis. Investeringer i en rumbaseret infrastruktur kræver imidlertid planlægning med en lang tidshorisont og også politisk vilje til at afsætte de nødvendige ressourcer, som med fordel kan ske i et offentligt/privat partnerskab. De økonomiske omkostninger vil dog ikke være betydelige i forhold til de ressourcer, som Rigsfællesskabet allerede anvender i Arktis, og bør også ses som en investering i udviklingen af de arktiske samfund.

Kommunikation. Næsten alle aktører har et stort behov for kommunikation, især hurtige bredbåndsforbindelser, for at løse nuværende og nye fremtidige opgaver. Som følge af de enorme afstande vil kun en satellitbaseret løsning kunne dække behovet i hele området, mens droner fx kan anvendes som kommunikationsplatform i forbindelse med SAR-opgaver. En robust og forbedret kommunikationsinfrastruktur kan blive en game-changer i Grønland, hvor nye teknologier kan blive en del af Grønlands udvikling og skabe nye indtægtsområder. Derudover er der behov for robust kommunikation til fx udbygning af telemedicin, fjernundervisning i små bygder, datatransmission i forbindelse med seismiske undersøgelser, ligesom øget turisme også forudsætter bedre internet- og mobilforbindelser. Det forudsætter dog også en fortsat liberalisering af telemarkedet i Grønland.

Overvågning. Særligt interessant er satellitovervågning af havmiljøet (bl.a. olieudslip) og is, hvor især isovervågning og bedre iskort/-prognoser er et stort ønske fra både fra myndigheder og virksomheder. Isprognoser for havis er bl.a. nyttige i forhold til pålidelig planlægning af sejlads nordpå, hvor sejladsvinduet kan være meget lille, og for planlægning af fiskeri. Også for fiskerikontrollen vil disse prognoser være anvendelige. Overvågning af isbjerge, såvel bevægelse som størrelse, er vigtige i forbindelse med off-shore-boringer, hvor isbjerge udgør en stor sikkerhedsrisiko. Skibsovervågningen kan også forbedres, og endelig er der mange aftagere af meteorologiske data. Således er havtemperaturmålinger interessante for både fiskere og fiskerikontrollen.

Det er blevet påpeget, at det for at få en effektiv og sikker udnyttelse af satellitdata vil være meget fordelagtigt at etablere en nedtagestation i det nordlige Grønland, fx ved Thule Air Base eller Station Nord, idet det både vil sikre at satellitdata kan modtages i nær-realtid og samtidig give adgang til det internationale samarbejde om anvendelsen af satellitdata fra Arktis.

I forbindelse med redningsopgaver vil droner være et værdifuldt supplement til helikopterens anvendelsesmuligheder, især hvis rækkevidden er større end helikopterens. Dronerne kan fx tage almindelige og termisk infrarøde billeder, bestemme positioner af objekter på havet samt eftersøge objekter. Dronen kan også aflevere udstyr til nødstedte på havet. Droner vil også være nyttige som redskab for forskningen (fx optælling af dyr), for jagtbetjente (der typisk har en lang responstid med små motorbåde), til en forbedring af kortlægningen, og også i forbindelse med sejlads i havis, hvor dronen vil kunne orientere sig om isdækket i skibets nærområde.

Navigation. GPS-systemet er ikke altid tilstrækkelig stabilt og nøjagtigt på nordlige breddegrader, hvor der er behov for navigation til fiskere, kommerciel skibstrafik og Forsvarets skibe. Fx kræver dynamisk positionering af borerigge og hjælpefartøjer en nøjagtig positionsbestemmelse, hvilket vil blive et problem i nye olie- og gasefterforskningsfelter i Nordøstgrønland mellem 75°N og 80°N. For skibe på åbent hav er GPS-nøjagtigheden ikke så kritisk, mens skibe nær

land har brug for større nøjagtighed, ligesom nøjagtighed også er vigtig for at genfinde positioner fx ved SAR-opgaver eller genfindning af udlagte depoter. Større positionsnøjagtighed kan dog ofte kun nyttiggøres i de områder, hvor kortmaterialets nøjagtighed er på samme niveau som GPS positioneringen eller bedre. I store områder af Arktis kan der være op til 500 m fejl i kortmaterialet, og det indebærer en sikkerhedsrisiko, især ved sejlads tæt på land.

Kortlægning. En opdatering og ensartning af kortgrundlaget for Grønland efterlyses af både erhvervsliv, myndigheder og forskning. Der er behov for bedre og hurtigere opmåling såvel som hurtigere databearbejdning. Der er ønske om at lave såvel en generel opmåling af terrænet som kortlægninger i forhold til specifikke opgaver, fx kortlægning af drikkevandsdepoter (etablering af randzoner mv.) og i forbindelse med mineprojekter. Kortmaterialet kan afvige op mod 500 m fra GPS-positioner, hvilket giver problemer ved sejlads tæt på land og small scale-miner, hvor efterforskningsområderne kan være ned til 1 km². Opmåling på land kan afhjælpes ved brug af satellitter og droner, men især søkortopmålingen er meget utilstrækkelig, og her kan situationen afhjælpes med målinger fra droner samt midlertidige data fra kommercielle skibe og Forsvarets skibe.

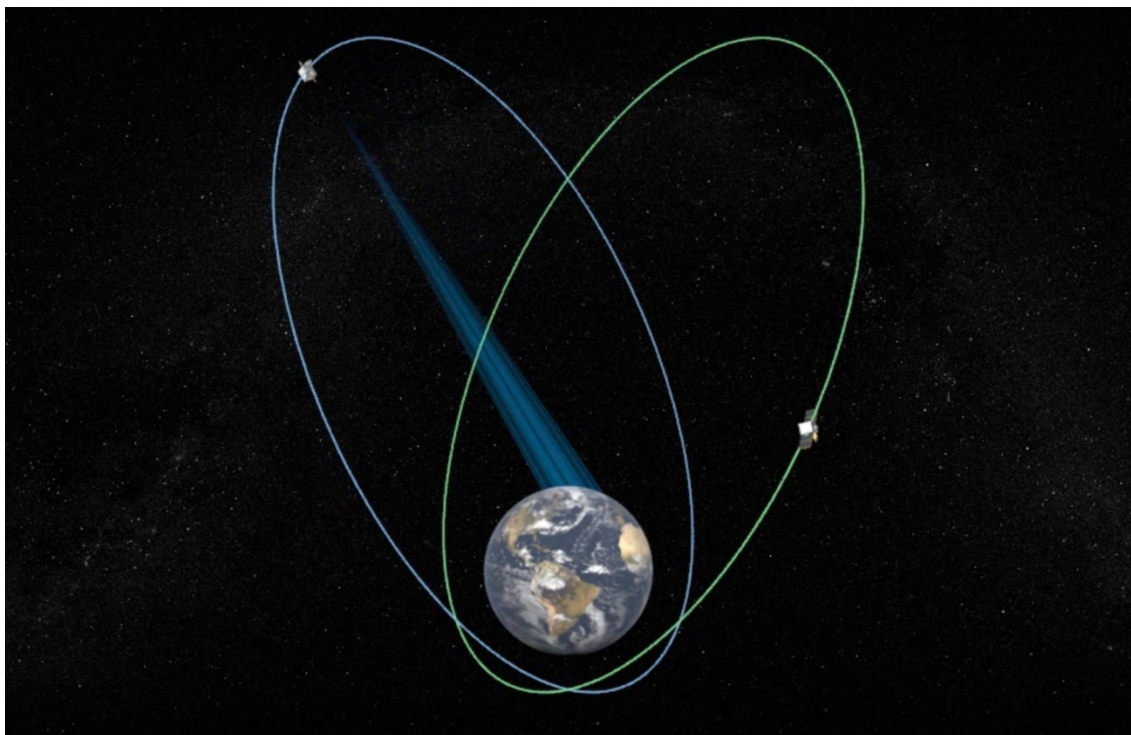
Tabel. Oversigt over mulige satellit- og dronebaserede løsninger indenfor de fire hovedområder: kommunikation, overvågning, navigation, kortlægning, og indenfor forskellige tidsperspektiver. Listen her er ikke udtømmende, idet der specielt indenfor overvågning er mange satellitter og planlagte opsendelser.

Behov \ Tidshorisont	Kort perspektiv (2014-2017)	Mellemlangt perspektiv (2018-2023)	Langt perspektiv (2024-)
Kommunikation	Iridium (begrænset kapacitet) Droner (ved brug i særlige situationer)	Canadisk arktisk kom-satellit (Polar Communications and Weather mission, PCW, kombination af payloads til kommunikation og remote sensing i én satellit) Norsk arktisk kom-satellit (med Telenor som operatør) Nationalt arktisk satellitprogram (evt. i samarbejde med TELE-POST) Iridium NEXT (ingen bredbånd)	Nye generationer af internationale kom-sats med dækning af høje breddegrader Fortsat arktisk nationalt satellitprogram Droner

		Inmarsat Global Xpress (dækker kun Færøerne og Sydgrønland)	
		Droner	
Overvågning	<p>Kommercielle, operationelle og forskningssatellitter (Fx EUMETSAT og ESA Copernicus – Sentinel 1-3, NASA)</p> <p>Nanosatellitter (herunder AIS og anden passiv overvågning)</p> <p>Droner (Global Hawk) og taktiske dronesystemer (land, skib)</p>	<p>Samarbejde med Canada (PCW)</p> <p>MetOp-SG – Sentinel-5</p> <p>En række kommercielle, operationelle og forskningssatellitter (Fx Copernicus – Sentinel 1-6, Radarsat Constellation)</p> <p>System af nanosatellitter (AIS)</p> <p>Norge (NORSAT-1)</p> <p>Droner (Global Hawk)</p>	<p>Samarbejde med Canada (PCW)</p> <p>Droner (Global Hawk)</p> <p>MetOp-SG (en række relevante sensorer, incl. Sentinel-5)</p>
Navigation	<p>GPS (USA) og GLONASS (Rusland)</p> <p>SBAS (udvidelser af GPS-systemer, som giver mere præcis navigation, EGNOS i Europa, WAAS i Nordamerika)</p>	<p>GPS (USA) og GLONASS (Rusland)</p> <p>Galileo (EU, vil give forbedret positionsbestemmelse i Arktis)</p> <p>Mulige udvidelser af EGNOS-systemet til Arktis (EGNOS V3)</p>	<p>GPS (USA), GLONASS (Rusland) og Galileo (EU)</p> <p>Fortsatte udvidelser af SBAS-systemer</p>
Kortlægning	<p>Kommercielle, operationelle og forskningssatellitter (kortlægning over land og kyster, fx Geoeye, Rapideye, ASTER)</p>	<p>Kommercielle, operationelle og forskningssatellitter (kortlægning over land og kyster fx Copernicus/Sentinel-2)</p> <p>Droner (kortlægning</p>	<p>Kommercielle, operationelle og forskningssatellitter (kortlægning over land og kyster). Udviklingen inden for kommercielle højopløsnings sa-</p>

	<p>Iskortlægning (Rardarsat2, Sentinel-1)</p> <p>Droner (kortlægning over land og dybdemålinger relevante for skibsfart)</p>	<p>over land og dybdemålinger relevante for skibsfart)</p>	<p>tellitter går hurtigt, og en lang række sensorer er planlagt for opsendelse.</p> <p>Droner (kortlægning over land og dybdemålinger relevante for skibsfart)</p>
--	--	--	--

3. Kommunikation



Satellitter i meget elliptiske baner, som tilbringer en stor del af tiden over Arktis, vil kunne levere kommunikation til hele Arktis.

Med kun 55.000 indbyggere i et enormt geografisk område samt et krævende klima er telekommunikation i Grønland en stor udfordring. Til gengæld fremhæves IT og kommunikation ofte som et område med store muligheder og en potentiel game-changer for erhvervsudviklingen i Grønland. En væsentligt øget båndbredde vil for eksempel muliggøre planer om en CO₂-neutral serverpark i Grønland, hvor man udnytter energi fra vandkraftværker, ligesom der vil være mulighed for at etablere små (enkeltmands-) IT-virksomheder i selv mindre bygger. Det beskedne og spredte kundegrundlag er imidlertid en stor begrænsning for investeringer på kommercielle vilkår.

I forhold til Grønland er telekommunikationen veludbygget på Færøerne, og næsten alle færinger har mulighed for en bredbåndsforbindelse, selvom priser og hastighed ikke er på niveau med udbuddet i Danmark. Grønland dækkes for nuværende af et søkabel til Island og New Foundland, som er ført i land ved Nuuk og Qaqortoq, mens resten af Grønland er dækket af en radiokæde (Vestkysten) eller satellit (Østkysten og Nordgrønland). Indtil videre udnyttes kun en meget lille del af søkablets kapacitet, da en udvidelse kræver større investeringer i sende- og modtageudstyr.

Niveauet for almindelig kommunikation (telefoni, dankort etc.) opleves som tilfredsstillende i de fleste situationer. Satellitkommunikation er ganske vist ikke

mulig nord for 82°N, men hidtil har der kun været få kommercielle aktiviteter nord for 73°N.

Selvstyret har en IT-strategi med en målsætning om ved udgangen af 2018 at udbyde 10 Mbit/s transmission overalt og 30 Mbit/s til 80 % af befolkningen, hvilket langt fra er tilfældet i dag, hvor muligheden for højhastighedstrafik slutter i Nuuk. Der er planer om at føre søkablet videre til Sisimiut, men derefter er det ikke praktisk muligt at føre det ret meget videre nordpå på grund af risikoen for at kablet rives over af isskusser. Der har været brud på søkablet, men hidtil har brudstederne været lokaliseret således, at det ene link har været intakt. I tilfælde af et mere uheldigt brud er der imidlertid ikke nogen backup-systemer, der kan erstatte kapaciteten. Radiokæden er indenfor de senere år opgraderet med nyt udstyr og der er planer om at forlænge radiokæden længere mod nord, men selv efter en modernisering vil systemet have begrænset kapacitet.

Mange virksomheder oplever derfor, at bredbåndsinfrastrukturen er utilfredsstillende, især uden for Nuuk, og der er en udbredt interesse for en satellitbaseret løsning, ligesom det fremhæves, at en dedikeret arktisk satellitstruktur kan fremme grønlandske interesser og samfundets udvikling.

Flere virksomheder påpeger dog også strukturelle problemer i organiseringen af teleområdet, hvor det selvstyrejede TELE-POST både har monopol på mange teleydelser samt pligt til at forsyne hele landet og er underlagt en betydelig myndighedskontrol. Selvstyret modtager årligt et betydeligt overskud fra TELE-POST, men er samtidig selv (sammen med kommunerne) den største aftager af produkterne, og det er således ikke oplagt, at det er den økonomisk optimale løsning for det offentlige. Der er dog tegn på, at en liberalisering er på vej, idet de grønlandske telemyndigheder siden 2009 har udsendt tilladelser til operatører, der tilbyder trådløst internet i flere byer, og i efteråret 2013 igangsatte selvstyret et udredningsarbejde for at undersøge en liberalisering af større dele af teleområdet. Igangværende retssager mod TELE-POST har også udfordret monopolet.

En udbygning af infrastrukturen, der favoriserer de store bysamfund kan også støde på politisk modstand, hvor grundholdningen har været, at hele befolkningen skal have adgang til de samme goder, ligesom der ved en liberalisering er en bekymring for levering af telekommunikation til små bygder, hvor den kommercielle interesse vil være beskedent.

Endelig er det en forhindring for indførelse af ny teknologi, at der mangler uddannet arbejdskraft, hvilket gør det svært at rekruttere lokale medarbejdere med relevante kompetencer. En IT-virksomhed har således været nødt til at etablere kontor i Danmark for at rekruttere og fastholde nøglepersonale. Medarbejderne flyves så ind til Grønland, når der skal løses opgaver på stedet.

Blandt de specifikke civile behov for forbedrede kommunikationsmuligheder, herunder bredbånd, fremhæves sikkerhed og fjern-/telemedicin. I store dele af

havområdet og i Nordøstgrønland er det selv med helikopter svært at nå derop, og her anvendes telemedicin for at tilse tilskadekomne, ligesom større skibe har en operationsstue ombord, der kan benytte telemedicin. I øvrigt er internet ombord også en rekrutteringsparameter for besætningen.

Udover sikkerhedsaspektet er der store besparelsesmuligheder ved øget anvendelse af telemedicin, fx ved at anvende telemedicinapparatet "sundhedsrobotten" Pipaluk. I sundhedssektoren er en Elektronisk Patient Journal (EPJ) desuden under udvikling i Grønland, og også i den sammenhæng er der behov for internetkapacitet og -stabilitet.

I uddannelsessektoren er der gode muligheder i forbindelse med fjernundervisning og e-learning i små bysamfund, ligesom studerende med fordel vil kunne deltage i undervisning direkte fra Danmark.

Olieeftersforskningen kræver også øget behov for kommunikation, ikke mindst i forbindelse med sikkerhedskravene, som er betydelige, ligesom seismiske måledata med fordel kan videresendes hurtigt til analyse på fastlandet, hvis der er mulighed for hurtige internetforbindelser. De seismiske data er ikke kun relevante i efterforskningsfasen, men bruges også for at tiltrække udenlandske investorer.

Endelig vil en øget turistindustri også kræve bedre internet- og mobilforbindelse for at leve op til turisternes forventninger.

Et spændende aspekt ved udbygget kommunikation/bredbånd via satellitter er, at det vil gøre det muligt at udstyre kommercielle fly med sensorer og dermed få realtids observationer fra hele luftrummet, hvilket vil føre til bedre vejrudsigter.

For Forsvaret er der også store områder i Arktis, hvor muligheden for kommunikation er begrænset, og generelt har Forsvaret brug for en bedre kommunikationsplatform i forbindelse med en udvidet opgaveløsning i Arktis. Forsvaret har mulighed for at øge anvendelsen af eksisterende satellitbaserede bredbåndsforbindelser, primært det militære Wideband Global SATCOM system (der dog har de samme begrænsninger som andre geostationære satellitsystemer), men kan også vælge at benytte kommercielle bredbåndsforbindelser. Der er imidlertid også oplagte multiuse-anvendelser i forbindelse med en polar satellitbaseret bredbåndsforbindelse.

Droner kan finde anvendelse som en ekstra kommunikationsplatform, hvilket kan være værdifuldt i forbindelse med SAR-opgaver, hvor der har været eksempler på, at man har været nødt til at positionere et skib til denne type opgave. En anden anvendelse er som backup til mobilkommunikation i forbindelse med større begivenheder, hvor det sædvanlige net bliver overbelastet, som fx ved Olaidagen på Færøerne.

4. Overvågning



Droner kan løse opgaver i forbindelse med fx overvågning og eftersøgning.

Der er generelt et stort behov for bedre overvågning, især på havet, hvor der fx er behov for at overvåge isudbredelse, olieudslip og skibstrafik. Især fremhæver både virksomheder og myndigheder et stort ønske om bedre iskort-/prognoser samt isovervågning.

DMI udsender regelmæssige havisprognoser for området omkring Kap Farvel, samt udsender iskort for Vest- og Østkysten med skiftende intervaller alt efter sæson. Kortlægningen sker ved hjælp af satellit- og flyobservationer. Iscentralen i Narsarsuaq er imidlertid kun forpligtet op til ca. 62°N, og der er et stort behov for bedre isovervågning også i nordligere egne.

Isprognoser for havis er bl.a. værdifulde i forhold til pålidelig planlægning af sejlads nordpå (Disko-området og nord herfor), hvor sejladvinduet kan være meget lille, og hvor gode prognoser kan betyde, at områderne kan besejles på et tidligere tidspunkt end nu, ligesom frekvensen af afhentninger fra frysehusene i så fald kan øges. Eksempelvis vil en mine i Citronen Fjord i Peary Land også være meget afhængig af et lille sejladvindue, hvor det derfor er vigtigt at kende

den forventede istykkelse. Forbedrede isprognoser er også relevante for sejladssikkerheden og for brændstofforbruget.

Nøjagtige iskortlægninger er af stor betydning for krydstogtskibe, hvor rederierne i øjeblikket samarbejder med private udbydere af isdata, men hvor der er interesse for en centraliseret udbyder med de mest pålidelige data.

Overvågning af isbjerge, såvel bevægelse som størrelse, er vigtige i forbindelse med off-shore-boringer, hvor isbjerge kan udgøre en stor sikkerhedsrisiko. Hvis et isbjerg kommer indenfor en bestemt zone omkring en borerig, skal al boreaktivitet lukkes ned, og her vil en satellitovervågning af isbjerge i nær realtid være af stor værdi. En tidlig detektion af isbjerge giver også mulighed for at bugsere isbjergene og påvirke dets retning, således at det passerer boreriggen i sikker afstand. Derved undgår man skulle sikkerhedsflytte boreriggen, hvilket både er meget kostbart og i sig selv indebærer en sikkerhedsrisiko.

I forbindelse med iskort er der i øvrigt også ønsker om en mere brugervenlig udgave af internetportalen www.seaice.dk. Det er også påpeget, at flyobservationer er meget kostbare, og at man gerne ser, at Forsvarets fly udstyres med overvågningskameraer, således at man kan monitorere is i de områder, man alligevel overflyver, og dermed forbedre isrekognosceringen. Ønsket er især stort i Disko-området, omkring Upernavik og på Østkysten.

Endelig er isprognoser også relevante for planlægning af fiskeriet og af samme årsag også interessante for fiskerikontrollen. Begge parter er desuden interesserede i data som bølgehøjde, vindforhold og havtemperatur, der kan bidrage til afsøgning af fiskemuligheder og for fiskerikontrollens vedkommende bruges til at afgøre, om fiskerne opholder sig i nærheden af de fiskestimer, de hævder at fiske efter. Fiskerikontrollen er her interesseret i nær realtids-data med en opdateringsfrekvens på ned til 10 minutter.

Hvis det pelagiske fiskeri udvider sig, kunne det være relevant at inddrage data om havstrømme. De pelagiske fiskere benytter allerede satellitdata for at få oplysninger om havtemperaturer, mens trawlerne selv foretager målinger. Det er her påpeget, at adgang til satellitdata, hvor man kan købe sig ind på ydelserne af, ville være attraktiv især hvis havisen reduceres, og der kommer nye fiskekvoter og fiskesteder.

Fiskeriet har stor økonomisk betydning og det er derfor vigtigt, at der er en effektiv fiskerikontrol samt at man kan dokumentere overfor omverdenen, at fiskeri foregår under kontrollerede forhold. Fiskeriet er både interesseret i overvågning og i forskning, der kan bidrage til at detektere nye fiskeforekomster (ikke mindst i forbindelse med makrelfiskeriet, som har lovende fremtidsudsigter).

Når det gælder meteorologiske observationer, er der mulighed for at få vejrdata fra GAV (Grønlands Lufthavne), DMI og Asiaq (Grønlands Forundersøgelser). Forbindelsen er dog ikke altid optimal. Data offentliggøres også på Asiaqs

hjemmeside, hvor man kan sammenligne med DMI's vejrudsigter. Data fra Grønland akkumuleres og leveres til DMI, men ikke fortløbende, og det er påpeget, at det vil være af værdi for alle aktører at få etableret en samlet og lettilgængelig vejrinformation.

En anvendelse af droner kan også bruges til at forbedre vejrmålinger og udvikling af bedre vejrmodeller til havs (temperatur, bølgehøjde, vindhastigheder og havstrømme).

På Færøerne er lufthavnen i Vagar særlig udsat, idet de topografiske forhold omkring lufthavnen giver anledning til kraftige turbulente luftstrømme. Atlantic Airways har her implementeret præcise navigationsteknologier, hvor ind- og udflyvninger baseres på GPS signalet. Dette har forbedret selskabets regularitet og generelle sikkerhedsniveau, men for at forbedre regulariteten yderligere, er der behov for bedre og mere præcise vejrobservationer fra området. Lige nu er opløsningen ret grov i det specifikke område omkring Vagar og er primært baseret på data fra meteorologer hos DMI og sekundært fra islandske og engelske vejrtejenester. Her kunne droner anvendes til at undersøge vindforhold inden start eller landing fra lufthavnen, ligesom de også kunne anvendes til systematiske målinger, hvor der på trods af mange års undersøgelser af den mekaniske turbulens omkring lufthavnen (bl.a. med radar) fortsat er behov for detaljeret indsigt i turbulensens udvikling og distribution.

I forbindelse med overvågning af havmiljøet benyttes satellitovervågning allerede til at detektere olieudslip, ligesom satellitter også er blevet brugt til at detektere naturlige olieudslip fra havbunden, der kan være en interessant indikator på olieforekomster. I forbindelse med olieeftersforskning er der stort fokus på bekæmpelse af oliespild fra skibe og platforme, og dermed også behov for overvågning, hvilket også gælder for forurening fra skibe, der passerer i farvandene omkring Grønland og Færøerne. Droner kan her anvendes til at observere og følge olieforurening, ligesom droner kan udlægge og følge drifters på havoverfladen.

Skibstrafikken omkring Grønland overvåges via obligatoriske skibsrapporteringssystemer, herunder AIS (Automatic Identification System), som udsender datameddelelser om skibets sejlads og planlagte rute, og er obligatorisk for skibe over 300 bruttotons. Fiskefartøjer (både udenlandske og større grønlandske) skal benytte VMS (Vessel Monitoring System), der registrerer positionen på fartøjet fra transducere ombord, der sender en gang i timen.

Overvågningen vurderes generelt at være god, men det vil være hensigtsmæssigt, hvis det var muligt at reducere rapporteringsbehovet (hvor skibet selv skal melde ind, hvor det befinder sig). Her er det nævnt, at bedre overvågning fra satellit kunne reducere niveauet af manuel rapportering (dvs. afgivelse af position), således at automatisering af processen ville give øget sikkerhed i form af kontinuerlige rapporter. Dette aspekt er endnu mere relevant i forbindelse med øget civil skibsfart fremover, hvor der vil komme skibe, der ikke er bekendt med

farvandet i samme grad, og som ikke nødvendigvis har udstyr og procedurer til sikker rapportering.

Både fra forskerside og fra myndighedernes side er der et ønske om at kunne overvåge jagt og dyreliv. For eksempel er der forskerinteresse for systematiske optællinger af fugle- og pattedyr. Her kan satellitter anvendes til habitatkortlægninger, og fremskridt indenfor højtopløste satellitbilleder kan muliggøre, at store dyr som hvaler og isbjørne kan overvåges fra satellit, men især anvendelse af droner være relevant i overvågning af dyrelivet i Arktis. På Færøerne foretages således systematiske og kostbare optællinger af fugle og hvaler med mange års mellemrum, men med droner ville man kunne følge antallet gennem ynglesæsonerne.

Droner kan også supplere satellitovervågninger tæt på kysten, hvor satellitmålinger ofte ikke findes, for eksempel for havoverfladetemperatur og klorofyl. Droner kunne også være interessante til vegetationsanalyser, hvor opløsningen fra satellit ikke er god nok eller ofte er generet af skydækket. Måling af alger i havoverfladen har også kommerciel interesse på Færøerne, hvor det kan være nødvendigt at flytte bassiner med fiskeopdræt, hvis algerne nærmer sig.

Fra forskerside er det også generelt blevet påpeget, at væsentligt aspekt ved at råde over egne data opsamlet med satellit- og/eller droner i Arktis er at dette kan bruges som en adgangsbillet til deltagelse i internationale samarbejder. Det er også fremhævet, at en udbygget space infrastruktur både i Grønland og på Færøerne vil kunne fungere som en løftestang for en generel øget interesse i for naturvidenskab, herunder som en del af et grundlag for opbygning af en naturvidenskabelig masteruddannelse på universitetsniveau.

I forbindelse med isovervågning er det også nævnt, at droner kunne anvendes på skibe for at etablere et overblik over nærområdet i "øjnehøjde", men de fleste aktører nævner behovet for overvågning med satellit. Også her er der stor interesse for dedikerede arktiske satellitter, gerne med SAR (Synthetic Aperture Radar) til overvågning af oliespild og havis. Skibstrafikken kan også overvåges ved hjælp af AIS-observationer fra satellitter, ligesom mange af de ønskede meteorologiske og andre data kan nedtages fra videnskabelige satellitter.

Også ved redningsopgaver vil droner være et værdifuldt supplement til helikopterens anvendelsesmuligheder, især hvis rækkevidden er større end helikopterens. Dronerne kan fx tage almindelige og infrarøde billeder, bestemme positioner af objekter på havet samt eftersøge objekter, ligesom droner også kan aflevere udstyr til nødstedte på havet.

Droner, som indsættes til brug for overvågning, har også oplagte multiuse-anvendelser. Den civile anvendelse kan for eksempel være overvågning af jagt, hvilket er en enorm opgave, da der kun er ganske få jagtbetjente i hvert distrikt, der således ofte har et meget stort område, som de skal overvåge - ofte fra små

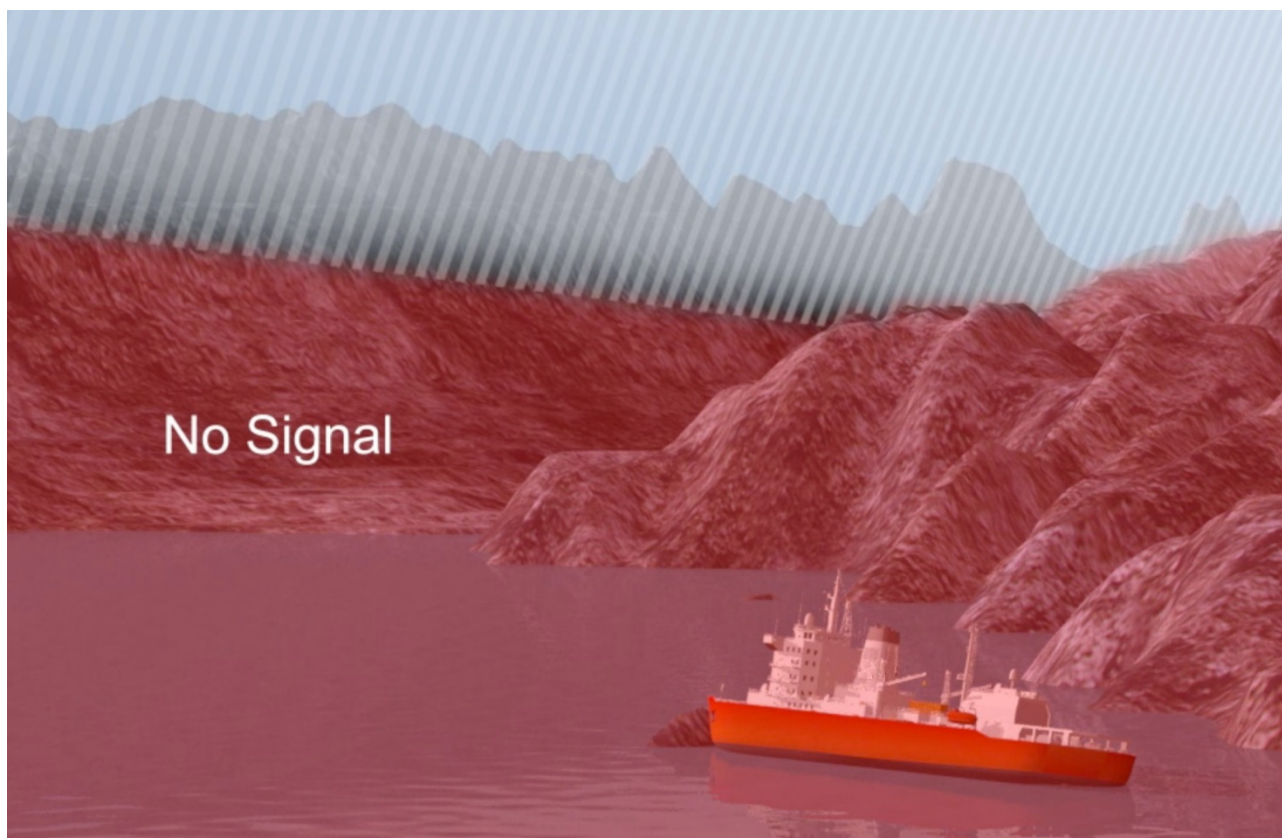
motorbåde. Her vil droner kunne gøre kontrollen mere effektiv og bidrage til at forbedre personalets sikkerhed.

Overvågning ved hjælp af droner er også relevant for politiets arbejde, hvor landskab og ressourcer gør det svært at skygge kriminelle på normal vis, ligesom droner kan bruges til at få overblik i forbindelse med indsatsopgaver som brande, større forsamlinger samt ved eftersøgninger, hvor tåge og dårligt vejr kan forhindre flyvning med helikopter. Droner kan også spare ressourcer, hvis man vil undersøge noget mistænkeligt, hvor man med dronen kan undgå at skulle sende en båd eller helikopter afsted.

En række af de civile behov for overvågning har et stort overlap med Forsvaret, fx med hensyn til iskort og meteorologiske data, ligesom Forsvaret har et behov for overvågning af Rigsfællesskabets territorium. Der er derfor også på dette område oplagte multiuse-anvendelser mellem Forsvaret og civile myndigheder, erhvervsinteresser og forskning.

Der findes nedtagestationer for satellitdata i Kangerlussuaq, på Svalbard og i Gander, Newfoundland, og i forbindelse med øget brug af satellitdata kan det derfor være meget relevant at etablere en nedtagestation i det nordlige Grønland, fx ved Thule Air Base, således at de forskellige satellitdata kan nedtages og være til rådighed i så tæt på realtid som muligt. For de data, der ikke anvendes på stedet, vil det dog herefter være nødvendigt at der er kapacitet til at videreende datamængderne til slutbrugerne.

5. Navigation



Navigation tæt på land og i fjorde kan være et problem, fordi signalet fra GPS-satellitterne står så lavt over horisonten, at signalet ikke når ned bag høje bjerge.

Det satellitbaserede GPS-navigationssystem er ikke så stabilt og nøjagtigt på høje breddegrader, som ved mellem- og lave breddegrader. Dette skyldes at der er flere forstyrrelser af GPS-signalet, og især at GPS-satellitternes baneplaner hælder 55° i forhold til ækvator. Det sidste betyder, at ingen satellitter kommer til at stå i zenit nord for 55°N , og det skaber problemer i Arktis, idet "GPS-hullet" (det område af himlen, hvor GPS-satellitterne ikke kommer) bliver større, jo længere man kommer mod nord. På selve Nordpolen kommer GPS-satellitterne ikke højere end ca. 46° over horisonten og i gennemsnit lavere. Selvom bestemmelse af længde- og breddegrad stadig kan være god, bliver højdebestemmelsen dårligere, og den længere vej gennem atmosfæren giver mere støj på signalet.

GPS-signalerne udsættes også for forstyrrelser fra ionosfæren (den øvre atmosfære fra ca. 85 til 600 km højde), hvilket skyldes solvinden og udbrud på Solen, som sender ladede partikler mod Jorden. Specielt i det arktiske område under nordlysovalen er aktiviteten i ionosfæren altid meget livlig, hvilket nordlys er

et synligt udtryk for. Under kraftige soludbrud, som er hyppige omkring solpletmaksimum i den 11-årige solcyklus, udvides nordlysovalen sydpå, og det forstyrrer både GPS-modtagelse og radiokommunikation i HF-båndet meget voldsomt.

Forstyrrelserne giver fejl på positionsbestemmelsen. Man kan til dels korrigere for forstyrrelserne ved hjælp af en model for ionosfæren, men netop i det arktiske områder, er disse modeller ikke tilstrækkeligt gode.

Man har i de senere år implementeret Satellite Based Augmentation Systems (SBAS), som EGNOS i Europa og Nordafrika, WAAS i Nordamerika og andre systemer i andre regioner. Disse systemer opbygget af et jordsegment, der består af et netværk af referencestationer, og et rumsegment, der består af 2-4 geostationære satellitter i hver region. Systemet gør det muligt at beregne nogle korrektioner til GPS-positionerne, som selv under kraftige forstyrrelser af ionosfæren giver en væsentligt forbedret positionsnøjagtighed. SBAS-systemerne er først og fremmest specificeret ud fra kravene til brug i flynavigation, men alle brugere nyder godt af systemet.

Arktis endnu ikke er dækket af GPS-referencestationer og har derfor ikke så megen nytte af korrektionerne, men den europæiske rumorganisation ESA udfører i øjeblikket projektet "Arctic Testbed", der skal bane vej for en udvidelse af EGNOS-systemet til Arktis. SBAS-korrektionssignalerne udsendes af geostationære satellitter, og derfor har man det samme problem som med satellitkommunikation i Arktis, at signalet fra dem derfor nemt blokeres, fordi satellitterne står meget lavt over horisonten.

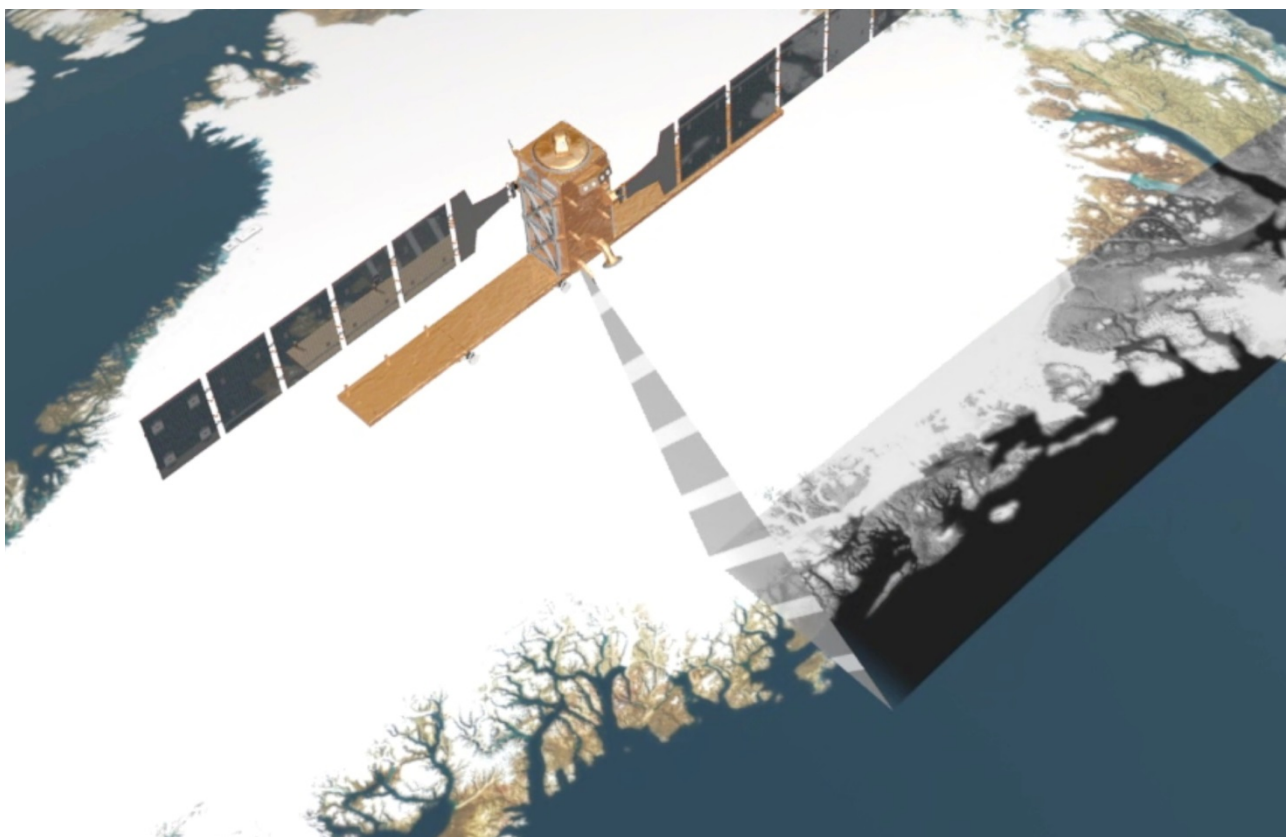
Behovet for positionsnøjagtighed i Arktis afhænger af anvendelsen. For skibe på åbent hav er GPS-nøjagtigheden ikke så kritisk, mens skibe nær land har brug for større nøjagtighed. Større positionsnøjagtighed kan dog kun nyttiggøres i de områder, hvor kortmaterialets nøjagtighed er på samme niveau som GPS-positioneringen eller bedre. I store områder af Arktis kan der være op til 500 m fejl i kortmaterialet.

Indtil nu har behovet for nøjagtig positionsbestemmelse været beskedent, men for eksempel ligger de nye olie- og gasefterforskningsfelter i Nordøstgrønland mellem 75°N og 80°N, hvor der er behov for at kunne bestemme positioner præcist fx til dynamisk positionering af borerigge og hjælpefartøjer. I takt med den forventede tilbagetrækning af havisen og dermed øgede tilgængelighed af de nordlige havområder, vil der desuden opstå et stigende behov for navigation for både fiskere og kommerciel skibstrafik.

Et øget behov for navigation gælder også for fly, hvor man verden over i stigende grad går væk fra jordbaseret navigation og i stedet benytter satellitbaseret GPS-navigation. På Færøerne fungerer det eksempelvis godt med GPS-navigation for fly.

Navigation er tæt forbundet til kortlægning, hvor unøjagtighederne kan være meget betydelige i forhold til de positioner, man kan få fra satellit, og det er en sikkerhedsrisiko især ved sejlads tæt på land, hvor skibene derfor er nødt til at bruge alternative positionsmetoder.

6. Kortlægning



Satellitter, her Sentinel 1A kan levere overvågningsdata, der også kan bruges til kortlægning.

En opdatering og ensartning af kortgrundlaget for Grønland efterlyses af både erhvervsliv, myndigheder og forskning, og det gælder kortgrundlaget på alle niveauer (topografisk, ortofoto, søkort og højdemodeller (DEM – ”Digital elevation Models”). Det nuværende kortmateriale kan afvige op mod 500 m fra GPS-positioner, hvilket giver problemer ved sejlads tæt på land og small scale-miner, hvor efterforskningsområderne kan være ned til 1 km². Bedre kortmateriale er også nødvendigt i forbindelse med uddeling af brugsret, registrering af drikkevand m.v.

Hvis kortlægningen skal forbedres, er det nødvendigt at bruge satellitdata. Der kan også her være fordele ved et samarbejde med Forsvaret, hvor man kunne kombinere optagelser af landskabet med Forsvarets overvågning og rekognoscering.

Der er et stort behov for bedre og hurtigere opmåling såvel som hurtigere databehandling. Der er ønske om at lave såvel en generel opmåling af terrænet som kortlægninger i forhold til specifikke opgaver, fx kortlægning af drikkevandsdepoter (etablering af randzoner mv.) og i forbindelse med mineprojekter.

Især søkortopmålingen lader meget tilbage at ønske, og mange af de områder, der bliver isfrie i nær fremtid, er aldrig blevet opmålt, hvilket indebærer en alvorlig risiko for sejlads, borerigge m.m. Der er således eksempler på nye skær, der er blevet opdaget ved sejlads i områder højt mod nord.

Kvotesystemet på fiskeriet kan gøre det nødvendigt for trawlere at fiske i nye farvande for at udforske nye forekomster. For tiden tager proceduren fra opmåling til færdigt kort ofte 4-6 år, og yderligere er der p.t. kun to autoriserede opmålingsskibe. Flere aktører påpeger, at en løsning, der midlertidigt kan afhjælpe situationen, kunne være at inddrage data i en form for "crowdsourcing", hvor data indsamles fx fra trawlere, fragt- eller krydstogtskibe samt Forsvarets skibe og anvendes i beregningen af nye dybdemodeller. Et produkt beregnet på flere typer af data kan være relevant for kommercielle aktører, hvor nøjagtigheden ikke er helt så afgørende, men hvor man blot vil være sikker på, at havdybden er tilstrækkelig til, at man kan sejle med tilpas sikkerhedsmargen.

Et tilsvarende problem med at få kortlagt de omfattende territoriale farvande i Australien førte til udviklingen af dybdemålinger foretaget ved hjælp af lasere fra fly (Laser Airborne Depth Sounder), som kan måle havdybder på op til 70 m, og en lignende teknik kunne med fordel anvendes i Grønland ved hjælp af fly eller droner.

Farvandsafmærkning bliver til gengæld mindre aktuelt i takt med øgede elektroniske muligheder, idet selv små joller efterhånden har GPS installeret. Pålidelig navigation forudsætter dog, at der bliver lavet nye søkort med korrekte data. Der findes fx en række anbefalede ruter, der er baseret på gamle opmålinger, og nogle af disse gamle ruter er derfor farligere at sejle end de nyopmålte - det drejer sig især om ruter, hvor man besejler Nuuk sydfra.

NUNAGIS (dk.nunagis.gl) er udviklet som en samlet platform for grønlandske geodata, GIS produkter og andre data (fx vejrudsigter). Der er dog behov for flere ressourcer, hvis systemet skal udvikles og opgraderes.

Bedre søkort og adgang til indsamlede, men ikke officielt verificerede, søopmålingsdata vil også styrke Forsvarets opgaveløsning, ligesom Forsvarets skibe kan bidrage til indsamlingen af data, når de besejler områder, der kun er sparsomt opmålte.

Der er også en oplagt mulighed for at inddrage droner i løsningen af mange kortlægningsopgaver, og fx har Asiaq for nylig anskaffet sig en drone (eBee), som man forventer at anvende til fotoflyvning af mindre områder, hvor man vil kunne opnå en stor datatæthed med god nøjagtighed. Her er det dog typisk nødvendigt med dispensationer fra luftfartsmyndighederne, da droner ikke er tilladt i mindre end 5 km afstand fra lufthavne og flyvepladser. Grønland er underlagt de samme regler som Danmark i forbindelse med flyvning af ubemandede fartøjer. Lovgivningen på området kan på længere sigt blive en udfordring for anvendelsen af droner i Grønland, da brugen af droner til kortlægning ofte vil fo-

regå i byområder med kort afstand til lufthavne og bebyggelse. På Færøerne er det også nævnt, at der ved øget anvendelse af droner er behov for "low level" kort, der viser forhindringer ved lave flyvehøjder. For tiden findes kort for højder under 400 fod ikke.

Droner kan være relevante i forbindelse med mineetablering ved indsamling af data til højdemodeller (DEM) med høj opløsning og geofysiske målinger, hvilket kan bidrage til modning af nye mineprojekter. Der foretages i øjeblikket forsøg med droner til geofysisk remote sensing, hvor det har vist sig, at vejrforhold og især de kraftige vinde er en alvorlig udfordring for dronerne. På Færøerne kan droner også anvendes til at screene for risikoen for stenskred og dermed som projekteringsredskab ved nybyggeri.

Hvis droner skal indsættes i SAR-opgaver kræver det derfor, at de også kan flyve i dårligt vejr, ligesom der skal være sikkerhed for at dronen ikke kan kollideres med redningshelikopterne. Det er også fremhævet, at dronerne ikke kan erstatte helikopterens anvendelsesmuligheder, men være et nyttigt supplement. Der forventes derfor ikke nogen besparelser ved at anvende droner, men den kan udgøre en ekstra kapacitet, hvilket dog også skaber et behov for uddannelse og personale til vedligeholdelse og drift af dronen.

Der er således et behov for et egnet testområde for droner konstrueret til arktiske forhold, og her kan Færøerne være en god mulighed, da man kan drage fordel af de lavere omkostninger, god infrastruktur og mulighed for at afprøve dronerne under vanskelige vindforhold.

7. Andre emner

I forbindelse med møder med interessenter er der også fremkommet forslag og ønsker, som ikke direkte involverer brug af satellitter eller droner, men som har relevans for de berørte emner og derfor medtages her. Der er således et ønske om et bedre samarbejde med Forsvaret bl.a. i højere logistisk skibsstøtte med udvidet anvendelse af Forsvarets inspektionsfartøjer til at indsamle data. Det bliver fremhævet, at Forsvaret generelt har en positiv indstilling til samarbejde med forskningsinstitutioner, men der er behov for en større koordinering og en bedre kontakthævede på passende niveauer. Samarbejdet fungerer godt på det operationelle niveau, men er ofte afhængig af personlige kontakter hos Forsvaret, og det kan være et problem for nye forskergrupper. Det skal nævnes, at de kommercielle aktører også bidrager til forskningsaktiviteter bl.a. ved at dele data med relevante forskningsinstitutioner og ved at stille plads til rådighed på skibe for forskningspersonale.

Det er også fremhævet, at et samarbejde med Forsvaret om arktiske problemstillinger kan ske efter norsk forbillede, hvor der er i samarbejde med det norske forsvar er opbygget en stor mængde arktisk know-how.

8. Andre arktiske nationers målsætninger og aktiviteter

Alle arktiske nationer har et ønske om at fremme den økonomiske udvikling i Arktis, herunder at udvikle minedrift og energiressourcer samt forbedre infrastrukturen. Samtidig ønsker alle nationerne også at beskytte miljøet og oprindelige folks levevilkår.

Norge har fokus på at beskytte miljøet i Arktis og samtidig fremme den økonomiske udvikling. Det gælder især offshore borerier efter olie og gas, ligesom fiskeri fortsat vil være en vigtig del af økonomien i det nordlige Norge.

Canada har fokus på at udøve suveræniteten i sit arktiske territorium, herunder sikre sine krav på kontinentalsoklen, samt at sikre social og økonomisk udvikling. Dette indebærer en forbedring af infrastrukturen og en bæredygtig udvikling af mineral- og energiressourcer. Der er også en høj prioritet at kontrollere skibstrafikken, overvåge forurening og etablere beskyttede naturområder.

Rusland har udvist stor interesse for at genetablere mange af landets positioner i Arktis, fx baser langs den russiske kyststrækning om blev opgivet efter afslutningen på den kolde krig, og har også store økonomiske interesser i bl.a. råstofudvinding fra de arktiske områder. USA har også trukket sig tilbage fra nogle baser efter den kolde krig, men har i mange år indtaget en mere afventende holdning i forhold til at genopbygge sine positioner.

Alle lande har dog identificeret store mangler i telekommunikation og overvågning i Arktis, og alle arktiske kyststater på nær Danmark (USA, Rusland, Canada og Norge) har aktive satellitprogrammer.

9. Eksisterende og fremtidig ruminfrastruktur

Der eksisterer allerede et stort antal satellitter, der anvendes til kommercielle eller forskningsmæssige formål, eller som en del af operationelle programmer, og flere opsendelser er planlagte i det nærmeste tiår. Både af økonomiske og sikkerhedsmæssige hensyn giver det imidlertid mening at undersøge, om Danmark alene eller i samarbejde med andre lande skal etablere sin egen rumbaserede infrastruktur. Den teknologiske udvikling har øget mulighederne for at producere små og brugerdefinerede satellitsystemer, og Danmark har den teknologiske kapacitet til at udvikle sin egen struktur eller indgå i et samarbejde med andre nationer. Samtidig har danske forskningsmiljøer i samarbejde med dansk industri opbygget en stor kompetence indenfor rumforskning og rumteknologi. Satellitprojekter udføres ofte i et internationalt samarbejde, og her vil danske investeringer i satellitter i Arktis også give et afkast i form af adgang til andre nationers satellitdata.

Fordelene ved et rumbaseret system (i modsætning til fly) er, at det dækker store områder; hele Arktis kan i princippet overvåges, og nationale grænser er ikke vigtige. Ulempen er, at systemet er statisk, dvs. ikke kan flyttes igen.

Der vil også være mulighed for at vælge mellem flere løsninger. For eksempel vil et system af mikrosatellitter, der kan opsamle nødsignaler og AIS-data, være relativt billigt og vil kunne integreres i et større system. Et lidt større småsatellit-system (op til 200 kg), eventuelt i samarbejde med andre lande, vil kunne give en robust dækning af hele Arktis med bredbånd, hvor investeringen også vil give kommerciel mening for eksempel i et offentligt-privat partnerskab.

10. Appendiks

Blandt det eksterne rapportmateriale, der er anvendt ved denne rapport er "Kongeriget Danmarks strategi for Arktis 2011-2020" samt en række analyser bl.a. "Rummet kalder Jorden" (CenSec/DTU), "The contribution of space technologies to Arctic policy priorities" (PolarWiev), "Polar research in the Kingdom of Denmark 2013" og de arktiske strategier fra lande omkring eller med interesser i Arktis. Endvidere er der afholdt møder med interessenter i Danmark, Grønland og Færøerne samt udenlandske eksperter, herunder Air Greenland, Atlantic Airways, Asiaq, Comby, Grønlands Arbejdsgiverforening, GEUS, Grønlands Fiskerilicenskontrol, Grønlands Naturinstitut, Inu:it, Inuplan, NunaOil, Royal Arctic Line, Royal Greenland, TELE-POST og Vørn, Færøernes Universitet, Havstovan, Færøernes Naturhistoriske Museum, Færøernes Politi, Industriens Hus på Færøerne, samt forvaltningen i Grønlands selvstyre og i Færøernes landsstyre.