

Satellitter og droner i Arktis - multiuse af en rumbaseret infrastruktur



Jens Olaf Pepke Pedersen
August 2016



Satellitter og droner i Arktis

- multiuse af en rumbaseret infrastruktur

Rapport

DTU Space

August 2016

Af

Jens Olaf Pepke Pedersen,

med bidrag af Niels Andersen, Simon Ekholm, Flemming Hansen, Sabina Askholm Larsen, Sune Nordentoft Lauritsen og Michael Linden-Vørnle.

Maria Tammelin Gleeurup, Merete Nørby og Hanne Thomasen har bistået med redigeringen.

Forsidefoto: Søkongen findes i millionvis i Thule- og Scoresbysundområdet (Foto: Lars Witting).
CryoSat-2 satellitten måler bl.a. tykkelsen af Indlandsisen og havisen i Arktis (Grafik: ESA – P. Carril).
Mange af husene i Aasiaat bliver stadig opført i de traditionelle stærke farver (Foto: Carsten Egevang).

Udgivet af: Institut for Rumforskning og -teknologi, Elektrovej, Bygning 328, 2800 Kgs. Lyngby
Rekvireres: www.space.dtu.dk

ISBN: 978-87-91694-30-1 (trykt udgave)

ISBN: 978-87-91694-31-8 (elektronisk udgave)

Forord

Denne rapport er en del af et projekt, som DTU har gennemført takket være en bevilling fra 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.

Arktis har været beboet i årtusinder, men er i disse år genstand for stigende opmærksomhed, hvor mange nationer har store politiske og økonomiske interesser i området. En del af interessen er drevet af en forventning om, at klimaforandringer vil gøre området og dets ressourcer mere tilgængelige, men det vil dog fortsat være et af verdens mest udfordrende områder at arbejde i med ekstreme vejrforhold, en lang og mørk vinterperiode samt enorme afstande.

En veludbygget infrastruktur er grundlaget for et samfunds stabilitet og udvikling, og derfor skal udbygning af infrastrukturer være visionære og foran et samfunds løbende vækst og forpligtelser. Dette gælder ikke mindst i Arktis, hvor basale infrastrukturer er yderst sparsomme eller helt fraværende.

Satellit- og dronesystemer kan udgøre en rygrad i et uvejsomt område som Arktis for at sikre tilstrækkelig kommunikation og overblik, og i rapporten fremdrages der en række eksempler på, hvordan satellitter og droner kan bidrage til økonomisk og samfundsmæssig udvikling.

Rapporten er blevet til med hjælp fra en lang række personer, som velvilligt har stillet sig til rådighed i forbindelse med udarbejdelsen, og vi håber, at den vil bidrage til at synliggøre nogle af mulighederne i en infrastruktur, der omfatter satellitter og droner. DTU har mere end 100 års erfaring med at arbejde i Arktis, både med udforskning og udvikling af nye teknologier, og vi betragter derfor ikke rapporten som en afslutning på et projekt, men som indledningen til at etablere nye samarbejder, hvor vi sammen kan finde løsninger til gavn for hele Rigsfællesskabet.

Niels Andersen

Leder af DTU's Center for Polare Aktiviteter – Polar DTU

Kgs. Lyngby, august 2016

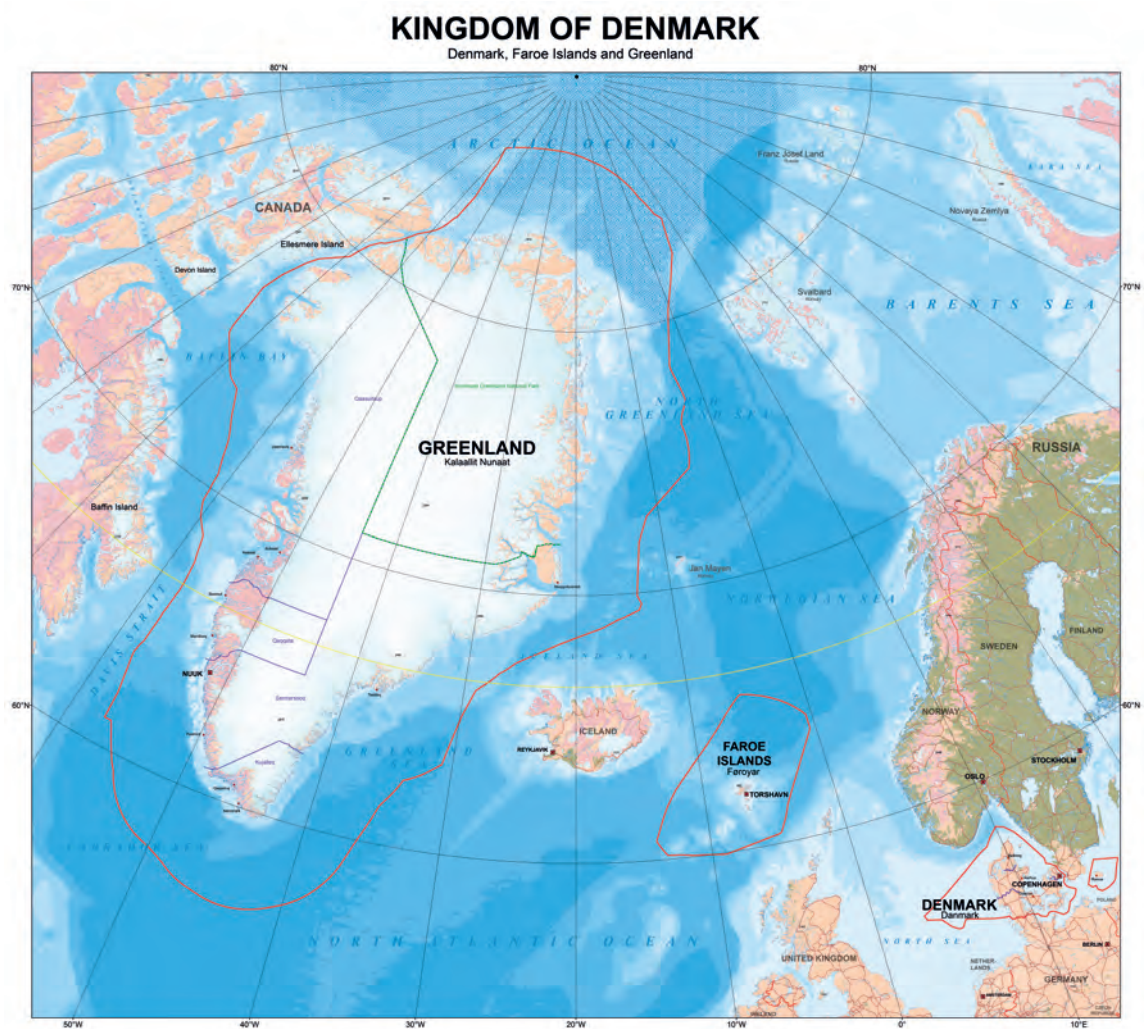
Indhold

1.	Resume.....	5
1.1	Kommunikation	7
1.2	Overvågning.....	7
1.3	Navigation	9
1.4	Kortlægning.....	9
1.5	Oversigt over mulige løsninger.....	9
2.	Summary.....	12
3.	Indledning – befolkning og økonomi.....	13
4.	Miljø og natur	15
5.	Telekommunikation	18
6.	Fiskeri	23
7.	Turisme	25
8.	Råstoferhverv.....	27
9.	Skibstrafik	31
10.	Flytrafik	35
11.	Vejrudsigter / ismeldinger.....	37
12.	Redningsopgaver	39
13.	Sundhed.....	40
14.	Undervisning	44
15.	Forskning	47
16.	Navigation	49
17.	Kortlægning.....	51
18.	Politi	54
19.	Forsvaret.....	55
19.1	Kommunikation	56
19.2	Overvågning.....	57

19.3	Navigation og kortlægning	58
19.4	Samarbejde mellem Forsvaret og civile interessenter	58
20.	Cybersikkerhed.....	59
21.	Arktisk nedtagestation	61
22.	Konklusion	62
23.	Andre arktiske nationers målsætninger og aktiviteter	63
24.	Bidragssydere til rapporten.....	65
25.	Workshops.....	65
26.	Bilag A – Workshop for forskere	66
27.	Bilag B – Workshop for erhvervsinteresser.....	68
28.	Bilag C – Future polar infrastructure, including projected communication bandwidth needs in 2025-2045.....	70
28.1	Some General Principles	70
28.2	Anticipating Broad Technological Trends	71
28.3	Communications Infrastructure	72
29.	Referencer	76



Inspektionsskibet Knud Rasmussen. Foto: Søværnet.



Rigsfællesskabet – Danmark, Færøerne og Grønland. Kilde: Forsvarets Center for Operativ Oceanografi

1. Resume

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.

I arbejdet med denne rapport har vi inddraget interessenter fra Grønland, Færøerne og Danmark samt eksternt rapportmateriale. En midtvejsrapport (1) blev udgivet i 2015 og identificerede fire hovedområder, hvor satellitter og droner kan bidrage til både Forsvarets og det civile samfunds opgaveløsning i Arktis, nemlig kommunikation, overvågning, navigation og kortlægning. I denne rapport, hvor hovedvægten er lagt på civilsamfundet, udfoldes disse områder yderligere.

Den tekniske udvikling har gjort det muligt at producere mindre og brugerdefinerede satellitsystemer, som indeholder mere automatik og mere autonome enheder samtidig med at systemerne vejer mindre og kan bygges af stærkere materialer. Derfor er forventningen, at både omkostninger til produktion og opsendelse vil falde, så man ligefrem kan tale om, at rumfartsindustrien står overfor et paradigmeskift, hvor vi vil se mange nye og kommercielle aktører på markedet.

"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."

For nærværende er Danmark den eneste af de fem arktiske kyststater, som ikke har et nationalt satellitprogram for Arktis, men 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.

Danmark har også et godt udgangspunkt i konkurrencen om udviklingen af droner, f.eks. indenfor navigation, sensorer og kommunikationsteknologi.

Investeringer i en rumbaseret infrastruktur kræver planlægning med en lang tidshorisont og også politisk vilje til at afsætte de nødvendige ressourcer. Dette bør ses som en investering i udviklingen af den arktiske del af Rigsfællesskabet, og det kan med fordel ske i et offentligt/privat partnerskab.

Det skal også fremhæves, at Danmark allerede bidrager økonomisk til de internationale investeringer i jordobservationssatellitter (især Copernicus) og navigationsatellitter (Galilei). Her vil et øget fokus på "downstream"-segmentet hvor værdiskabelsen og anvendelsesmulighederne er store, også kunne øge det samfundsmæssige og økonomiske udbytte af disse investeringer. F.eks. vil observationer i Arktis også vil være af stor værdi udenfor Arktis, og de fremtidige



Neosat er ny kommunikationssatellit under udvikling i et samarbejde mellem det europæiske rumagentur (ESA) og det franske rumagentur CNES. Grafik: ESA/Pierre Carril

datamængder fra droner og satellitter fra Arktis vil være enorme og skabe muligheder indenfor "Big data analyse".

Det er ikke formålet med rapporten at pege på specifikke teknologiske løsninger eller de tilhørende omkostninger, men at afdække specifikke brugerbehov og påvise nogle af de fremtidige muligheder i en skalerbar rumbaseret infrastruktur. En lang række forsknings- og kommercielle satellitter er allerede tilgængelige i Arktis og kan udnyttes i løsningen af Forsvarets og civilsamfundets opgaver. Satellitter giver et stort overblik, men er naturligvis begrænset af satellitternes baner, som fastlægger hvor satellitten er på et givet tidspunkt. Systemet er derfor ikke fleksibelt, for når først satellitten er anbragt i sin bane, kan den (bortset fra ændringer i flyvehøjden) ikke flyttes igen. Derfor skal satellitter til f.eks. overvågning suppleres med andre kapaciteter som skibe eller fly, som kan foretage en nærmere undersøgelse af de objekter, satellitten har observeret. Her har droner et stort potentiale til supplement af satellitterne, men endnu er der begrænset erfaring med den praktiske anvendelse af droner i Arktis.

Det er også vigtigt at imødekomme ønsker fra de arktiske stakeholdere og ikke præsentere en færdig løsning udefra. Infrastrukturløsninger vil variere i Grønland og på Færøerne, og man skal se på en samlet infrastruktur, hvor det skal afvejes, hvad der skal prioriteres. Det gennemgående tema er dog, at man mangler bredbånd, og Arktisk Råds initiativ på dette område udtrykker et ønske om at sætte kommunikationsinfrastruktur i Arktis højt på den politiske dagsorden.

1.1 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 f.eks. kan anvendes som kommunikationsplatform i forbindelse med rednings- og eftersøgningsopgaver. 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 f.eks. udbygning af telemedicin, fjernundervisning i små bygder, datatransmission i forbindelse med seismiske undersøgelser, ligesom øget turisme også forudsætter bedre internet- og mobilforbindelser.

1.2 Overvågning

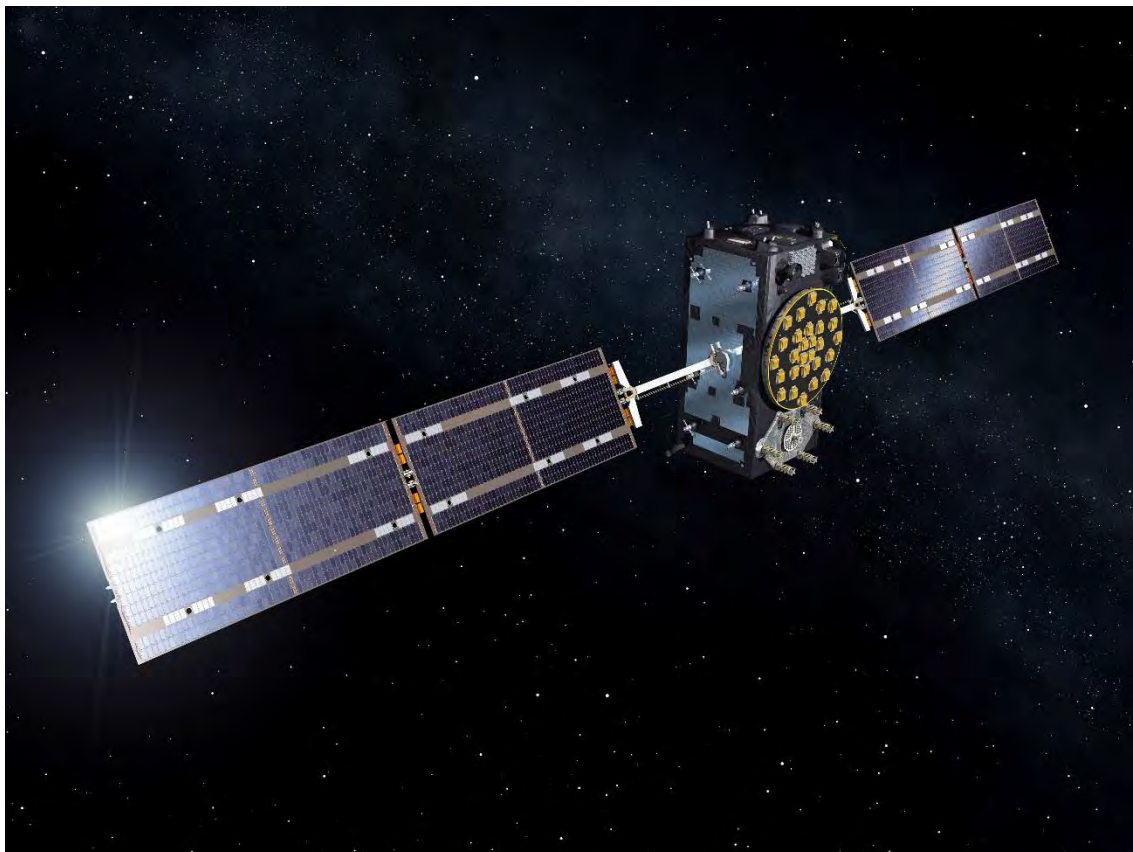
Satellitovervågning har et stort potentiale i Arktis, både til at holde øje med menneskelige aktiviteter og til at indsamle meteorologiske og oceanografiske data.

Øget isovervågning og bedre/hyppigere iskort og isprognoser er et stort ønske fra både myndigheder og virksomheder. Isprognoser for havis er bl.a. nødvendige i forhold til pålidelig planlægning og afvikling af sikker sejlads nordpå, isfyldte farvande og/eller voldsomme vejrforhold. Overvågning af isbjerger, både deres bevægelse, størrelse og variabilitet, er vigtige i forbindelse med off-shore-boringer, hvor isbjerger udgør en sikkerhedsrisiko der adresseres i ethvert "ice management setup".



Sentinel-1 var den første af Copernicus jordobservationssatellitterne. Grafik: ESA/ATG medialab

Der er mange aftagere af meteorologiske og oceanografiske data, f.eks. rederier, fiskeindustrien og myndigheder. Således er isprognoser og havtemperaturmålinger værdifulde for fiskere, der bruger dem til at planlægge fiskeriet, og også for fiskerikontrollen, der kan bruge dem til at vurdere om fiskefartøjer udviser en unormal adfærd ved f.eks. at sejle steder, de normalt ikke ville fiske.



Satellit, der indgår i ESAs navigationssystem Galileo. Grafik: ESA/Pierre Carril

Satellitter kan desuden anvendes til en forbedret overvågning af skibstrafikken og havmiljøet, bl.a. olieudslip.

For at få en effektiv og sikker udnyttelse af satellitdata vil det være meget fordelagtigt at etablere en nedtagestation i det nordlige Grønland, f.eks. 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.

Det vil ofte være nødvendigt at supplere satellitovervågning med skibe eller fly, og her kan droner spille en vigtig rolle. Det gælder også i forbindelse med redningsopgaver, hvor droner vil være et værdifuldt supplement til helikopterens anvendelsesmuligheder, især hvis rækkevidden er større end helikopterens. Dronerne kan f.eks. tage almindelige og termisk infrarøde billeder, bestemme positioner af objekter på havet, eftersøge objekter eller aflevere udstyr til nødstedte på havet.

Droner vil desuden være nyttige som redskab for forskningen (f.eks. 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 en eller flere droner vil kunne orientere sig om isdækket i skibets nærområde.

1.3 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. F.eks. 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 f.eks. ved rednings- og eftersøgningsopgaver eller genfinding 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.

Der findes forskellige systemer, som forbedrer GPS-informationerne (de såkaldte augmentation systemer), og en dækning af Grønland med både GPS WAAS and GALILEO EGNOS augmentation informationer vil lede til en højere positionspræcision på landjorden såvel som i luften. Disse data vil både kunne anvendes af kommerciel flytrafik i området og i forbindelse med militær indsats eller rednings- og eftersøgningsopgaver.

1.4 Kortlægning

En opdatering og ensartning af kortgrundlaget for Grønland efterlyses af både erhvervsliv, myndigheder og forskningsverdenen. Der er behov for bedre og hurtigere opmåling såvel som hurtigere databearbejdning (2). Der er ønske om at få udført såvel en generel opmåling af terrænet som kortlægninger i forhold til specifikke opgaver, f.eks. kortlægning af drikkevandsdepoter (etablering af randzoner mv.) og i forbindelse med mine-projekter. Kortmaterialet kan afvige op mod 500 m fra GPS-positioner, hvilket giver problemer ved sejlads tæt på land og small-scaleminer, 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.

"... der kommer mere sejlads på området. Derfor må vi have kortene for at forhindre menneskelige og miljømæssige katastrofer"

Per Stig Møller, daværende udenrigsordfører (KF) i Folketingsdebat om søkortopmålingen i Grønland (11. oktober 2012)

1.5 Oversigt over mulige løsninger

Tabellen på de næste sider viser mulige satellit- og dronebaserede løsninger indenfor de fire hovedområder: kommunikation, overvågning, navigation, kortlægning, og indenfor forskellige tidsperspektiver. Listen er ikke udtømmende, idet der specielt indenfor overvågning er mange satellitter og planlagte opsendelser.

Behov \ Tidshorisont	Kort perspektiv (2016-2018)	Mellemlangt perspektiv (2019-2023)	Langt perspektiv (2024-)
Kommunikation	Iridium (dækker hele Arktis med satcom, men begrænset kapacitet) Inmarsat BGAN etc. (problemer nord for 75°) Intelsat LeoSat (fokus på store erhvervskunder) 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 (512 kbit/s uplink + 1.5 Mbit/s downlink, 8 Mbit/s i Ka-båndet) Inmarsat Global Xpress (dækker kun Færøerne og Sydgrønland) Neosat (ESA) One Web SpaceX Droner	Nye generationer af internationale kommunikations-satellitter med dækning af høje breddegrader Fortsat arktisk nationalt satellitprogram Droner
Overvågning	Kommercielle, operationelle og forskningssatellitter (F.eks. EUMETSAT og ESA Copernicus)	Samarbejde med Canada (PCW) MetOp-SG – Sentinel-5	Samarbejde med Canada (PCW) Droner (Global Hawk)

Behov \ Tidshorisont	Kort perspektiv (2016-2018)	Mellemlangt perspektiv (2019-2023)	Langt perspektiv (2024-)
Navigation	– Sentinel 1-3, NASA) Nanosatellitter (herunder AIS og anden passiv overvågning) Droner (Global Hawk, Global Observer, Phantom Eye) og taktiske dronesystemer (land, skib)	En række kommercielle, operationelle og forskningssatellitter (F.eks. Copernicus – Sentinel 1-6, Radarsat Constellation) System af nanosatellitter (AIS) Norge (NORSAT-1) Droner (Global Hawk)	MetOp-SG (en række relevante sensorer, incl. Sentinel-5)
	GPS (USA) og GLONASS (Rusland) SBAS (udvidelser af GPS-systemer, som giver mere præcis navigation, EGNOS i Europa, WAAS i Nordamerika)	GPS (USA) og GLONASS (Rusland) Galileo (EU, vil give forbedret positionsbestemmelse i Arktis) Mulige udvidelser af EGNOS-systemet til Arktis (EGNOS V3)	GPS (USA), GLONASS (Rusland) og Galileo (EU) Fortsatte udvidelser af SBAS-systemer
Kortlægning	Kommercielle, operationelle og forskningssatellitter (kortlægning over land og kyster, f.eks. Geoeye, Rapideye, ASTER) Iskortlægning (Radarsat2, Sentinel-1) Droner (kortlægning over land og dybdemålinger relevante for skibsfart)	Kommercielle, operationelle og forskningssatellitter (kortlægning over land og kyster f.eks. Copernicus/Sentinel-2) Droner (kortlægning over land og dybdemålinger relevante for skibsfart)	Kommercielle, operationelle og forskningssatellitter (kortlægning over land og kyster). Udviklingen inden for kommercielle højopløsnings satellitter går hurtigt, og en lang række sensorer er planlagt for opsendelse. Droner (kortlægning over land og dybdemålinger relevante for skibsfart)

2. Summary

The Danish Technical University has for the Danish Ministry of Higher Education and Science performed an extensive analysis of the synergy potential in a space infrastructure in the Arctic region for the Defense and the civil society. The space infrastructure comprises both new or planned satellites and extended use of existing satellites in combination with UAVs (drones). The background for the report is the expectation that the Danish Defense in the future will have to perform further tasks in the Arctic (3) and also a recommendation in a recent report on Danish foreign policy that the Arctic should have a higher priority (4).

A large number of stakeholders in Greenland, the Faroe Islands and Denmark have been interviewed and the analysis has identified four main areas where satellites and drones can serve both the Defense and civil society in the Arctic, namely communications, surveillance, navigation and mapping.

Almost all user groups operating in the Arctic cite the lack of suitable communications systems as the single biggest constraint affecting their present or projected activities. The main reason for the lack of a broadband communication infrastructure is the low user density and total user numbers, and any communication infrastructure for the Arctic region is therefore more likely to be funded by governments on much broader grounds than commercial profitability. A promising approach to a major undertaking in the communication infrastructure is therefore a 'multiple use' space infrastructure in a public-private partnership, where many stakeholders share the same platforms. Such an investment should also be viewed as a catalyst for sustainable economic development in the Arctic.

Whereas there is a clear need for new communication satellites in the Arctic, a number of Earth Observation satellites (e.g., in the Copernicus program) are already covering the Arctic region, and are of obvious interest for Defense situational awareness, environmental monitoring, search and rescue etc. Satellites provide a large coverage, but are limited by the satellite orbits and therefore less flexible. However, they can be supplemented with other capabilities, such as aircrafts and UAVs. An increased focus on the "downstream" segment, where value creation and the applications are large, is also of great interest for the civil society, since this will increase the social and economic benefits of space investments.

From an international perspective, an important aspect is that observations in the Arctic will be of great value outside the Arctic. Observations of polar ice and ocean conditions together with polar atmospheric conditions will for example have important implications well beyond the geographic limits of the Arctic region, e.g., in improving weather forecasts and long term climate change modelling. Here UAVs could work in concert with a satellite-based communication system to bring about unprecedented levels of situational awareness in all components of the Arctic climate system.

In addition, the international community will benefit from a space infrastructure with increased communication, observation and navigation services, e.g., for commercial aircraft and ship traffic crossing the polar region, where both real time observations and forecasting are necessary for safe navigation.

3. Indledning – befolkning og økonomi



Hundeslæde. Foto: Carsten Egevang

Grønlands befolkning har i flere årtier ligget nogenlunde konstant på 56-57.000 indbyggere, men sammensætningen har ændret sig til færre unge og flere ældre. Samtidig er især de unge flyttet fra yderområderne og mod de større byer, hvor befolkningen gradvist koncentrerer. Det betyder også, at en række mindre samfund i yderområderne har fået færre erhvervsaktive samt en væsentlig større andel af ældre.

Generelt er Grønland udfordret i forhold til vækst og beskæftigelse. Økonomien er sårbar og stærkt afhængig af udviklingen inden for fiskeriet, hvor mulighederne for at øge mængderne er begrænsede. Fiskeriet har til gengæld haft glæde af stigende verdensmarkedspriser, så selvom rejefiskeriet, som er det økonomisk vigtigste, har været i tilbagegang, er dette opvejet af stigende priser. En ugunstig prisudvikling eller mindskede fangstmængder vil derfor hurtigt kunne skabe store økonomiske problemer, og for at mindske sårbarheden har der i lang tid været politisk fokus på et bredere erhvervsgrundlag, især baseret på energi- og råstofforekomsterne samt turisme (5).

De demografiske ændringer får også økonomiske konsekvenser i form af det såkaldte holdbarhedsproblem: Færre erhvervsaktive giver færre skatteindtægter og samtidig betyder flere ældre et stigende offentligt udgiftspres. Fremskrivninger af Grønlands økonomi viser derfor store og stigende offentlige underskud. Samtidig er arbejdsløsheden høj og især

"Grønlands udfordringer er monumentale. I de næste 20 år vil afstanden mellem indtægter og udgifter øges år for år"

Finansminister Claus Hjort Frederiksen i Berlingske (4. februar 2015)

forårsaget af strukturelle forhold, herunder manglende kvalifikationer, geografiske forhold og problemer med incitamenterne til at søge arbejde. Udover reformer og ændringer i den økonomiske politik, er der derfor et stort behov for nye erhverv, hvis holdbarhedsproblemet skal løses og det grønlandske velfærdssamfund fremtidssikres.

På Færøerne har indbyggertallet fulgt de økonomiske konjunkturer og de seneste år været stigende. I 2015 nåede befolkningen for første gang over 49.000 personer. Færøerne står dog også over for store demografiske udfordringer. Mange personer i den erhvervsaktive alder går på pension i de kommende år, og set over de seneste ti år har der været en tendens til relativt kraftig udvandring, især af yngre i den erhvervsaktive alder. Den positive befolkningsudvikling de seneste år kan derfor vise sig blot at være en midlertidig vending, der skyldes det aktuelle økonomiske opsving, og Færøerne står derfor også overfor et holdbarhedsproblem. Der har i flere år været underskud på de offentlige finanser og med udsigt til at antallet af ældre vil stige mærkbart, vil underskuddet uden reformer vokse støt. (6)

Til gengæld oplever den færøske økonomi i disse år et stærkt opsving, som er drevet af stigende eksport af fiskeprodukter, som udgør ca. 95 pct. af vareeksporten. Fremgangen skyldes primært høje priser på fisk og stigende mængder i opdrætsindustrien samt en stimulerende effekt af faldende oliepriser. Beskæftigelsen er stigende i de fleste sektorer, og den i forvejen lave ledighed er faldende, hvilket kan føre til mangel på arbejdskraft. Befolkningen er imidlertid relativt mobil og fordi arbejdsstyrken har kvalifikationer, som er efterspurgt i udlandet, har den tidligere reageret på en høj ledighed ved at flytte fra øerne. Et stigende antal færinger, især inden for håndværk og byggeri, arbejder i dag i udlandet, og i tilfælde af mangel på arbejdskraft vil flere af dem muligvis vende tilbage, og afbøde manglen.

Ligesom i Grønland er fiskeriet og dermed udviklingen i fangstmængder, kvoter og priser helt afgørende for økonomien, og også Færøerne har et behov for nye erhverv, som ikke er baseret på fiskeindustrien.



Porkeri – Suðuroy. Foto: Erik Christensen

4. Miljø og natur



Søpapegøje på Mykines. Foto: Erik Christensen

De lave temperaturer og den langsommere mikrobiologiske aktivitet gør Arktis særlig sårbar overfor forurening. Hvor olie f.eks. hurtigt nedbrydes i Den mexicanske Golf, så har det vist sig, at olieforurening i Arktis kan konstateres selv mange årtier efter et udslip.

I forbindelse med olieefterforskning er der således et stort fokus på bekæmpelse af oliespild fra skibe og platforme, og dermed også behov for overvågning, hvilket ligeledes gælder for forurening fra skibe, der passerer i farvandene omkring Grønland og Færøerne.

Satellitter har vist sig at være et effektivt middel til overvågning af havmiljøet f.eks. til at detektere olieudslip. Satellitternes evne til at detektere olie på havet er omvendt også blevet brugt til at detektere naturlige olieudslip fra havbunden, der kan være en interessant indikator på olieforekomster.

"I august 2015 blev der fra satellitbilleder opdaget et muligt olieudslip sydøst for Tasiilaq, men inden Forsvarets inspektionsskib nåede frem efter fem dages sejlads, havde dårligt vejr spredt olien"

De store afstande giver imidlertid også store udfordringer i bekæmpelse af udslip, idet satellitdetektioner skal verificeres, da det kan være svært at skelne olieforurening fra f.eks. områder med alger eller lignende.



Havmiljøcontainere bliver læsset om bord på Inspektionsfartøjet Ejnar Mikkelsen i Nuuk iforbindelse med LIVEX øvelsen 2016. Foto: Lars Bøgh Vinther

I august 2015 blev der på satellitbilleder opdaget et muligt olieudslip sydøst for Tasiilaq, men inden Forsvarets inspektionsskib nåede frem efter fem dages sejlads, havde dårligt vejr spredt olien, og der kunne derfor ikke tages prøver. Her kan droner anvendes til at observere og følge olieforurening, ligesom droner kan udlægge og følge drifters på havoverfladen eller nedkaste oliebojer til opsamling af en prøve. Oliebojerne kan efterfølgende

opsamles, når inspektionsskibet kommer frem.

Da de fleste uheld skyldes grundstødninger er et opdateret kortmateriale også af betydning, ligesom bredbåndskommunikation er vigtigt i forbindelse med myndighedernes forureningsbekæmpelse.

Satellitmålinger vil medvirke til at forbedre eksisterende aktiviteter indenfor overvågning, sikkerhed til søs og kortlægning omkring Grønland, men selvom satellitmålinger vil udgøre en basis for disse aktiviteter i fremtiden, er det vigtigt, at investeringer i satellitovervågning og anden remote sensing af specielt havmiljøet udføres i sammenhæng med udbygningen af direkte målinger i havet. Overflademålinger fra satellit skal kalibreres mod in situ målinger (dvs. målinger i vandet) af for eksempel vandstand, temperatur og klorofylkoncentration (som er et mål for biomassen i vandsøjlen).

En optimal udnyttelse af satellitmålinger vil derfor omfatte et udbygget net af autonome bojer der leverer satellittransmitterede målinger af strøm, temperatur, salinitet mm. fra hele vandsøjlen i farvandet omkring Grønland og Færøerne. Tilsammen vil et sådant datamateriale kunne anvendes til forecasts af isbjerge og oliedrift samt udbygge monitoreringen af havmiljøet i Arktis i forhold til marine ressourcer, klimaændringer osv.

Asiaq (Grønlands Forundersøgelser) har igennem en årrække opbygget kompetencer omkring anvendelse af mellem- og højopløselige satellitdata (ASTER, LANDSAT 7/8, Pléiades 1a/b, WorldView 1-3) mv. i samarbejde med danske organisationer, særligt DHI GRAS A/S, samt amerikanske organisationer. Naturinstituttet



Snehare. Foto: Erik Christensen

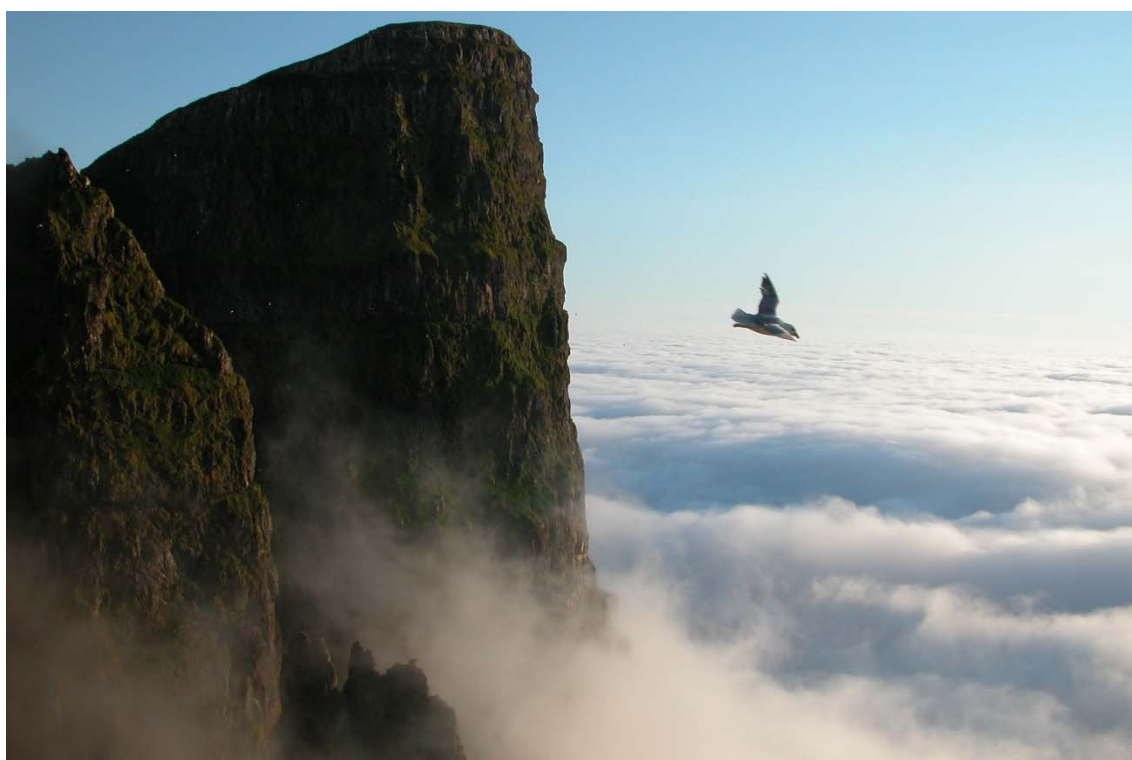
gør brug af denne lokalt forankrede viden til forsøg på overvågning af havpattedyr med Pléiades og WorldView-2/3.

I forbindelse med offshoreolieefterforskningsboringer eller seismiske undersøgelser, hvor støjforurening kan påvirke særligt sensitive hvalarter, er det vigtigt at overvåge marine havpattedyrs vandringer. Efterforskningsaktiviteter kan være underlagt restriktioner i form af beskyttelseszoner og -perioder i forhold til visse hvalarters migrationsruter, men disse zoner er ofte baseret på estimer fra få og mangelfulde data. Overflyvning med droner i tidsrum op til påbegyndelse af offshore efterforskningsaktiviteter vil kunne be- eller afkræfte havpattedyrs tilstedeværelse og vandringsmønstre, og bidrage med mere viden til forskerne.

Selvom der er stort fokus på forurening af farvandene, er det også relevant at kontrollere forurening på landjorden. Miljøovervågning med droner kan også være luftforurening f.eks. målinger af lokal spredning af Black Carbon (sod) i forbindelse med storskalaaktiviteter, hvor det er relevant at undresøge sodens påvirkning på lokale temperaturer og afsmeltning af is/sne.

Endelig er der en række anvendelser for droner på landjorden, som ikke er unikke for Grønland og Færøerne, men som også kan være interessante, som f.eks. kontrol af reparation og vedligehold af bygninger.

Droner har et stort potentiale i forbindelse med naturovervågning og optælling af dyr og fugle, som beskrives nærmere i afsnittet om Forskning.



Beinisvørð på det sydvestlige Suðuroy er et af Færøernes mest kendte fuglefjælde med tusinder af rugende fugle. Foto: Erik Christensen

5. Telekommunikation



Sisimiut. Foto: Erik Christensen

Hovedsigtet i denne rapport er at påpege nogle af mulighederne i en rumbaseret infrastruktur, og disse er især rettet mod kommunikation, som derfor gennemgås særskilt.

Med kun 56.000 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 som 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 mindre (enkeltmands-) IT-virksomheder i selv mindre bygder. Det beskedne og spredte kundegrundlag er imidlertid en stor begrænsning for investeringer på kommercielle vilkår.

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). I Vestgrønland er bygderne koblet til hovedradiokæden via såkaldte Minilink-radiokædeforbindelser, og satellitområdet i Nord- og Østgrønland er koblet til en hovedby med satellit-jordstation.

Der er således stor forskel på telekommunikationsdækningen, og de produkter som TELE-POST udbyder, afspejler dækningen og er opdelt i tre zoner efter den underliggende infrastruktur med et søkabel-, en radiokæde- og en satellitzone. Umiddelbart er der adgang til bredbåndsprodukter i op imod 100 % af alle byer og bygder, hvor hovedparten af befolkningen bor.



Afstandsskilt i Kangerlussuaq lufthavn.

Foto: Mary Ngo

Grønlands selvstyre 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.

I 2014 havde 78 % af befolkningen adgang til internet i hjemmet, og i alle byer og bygder er der mulighed for at opnå ADSL-forbindelse med mindst 2 Mbit/s (mange kan opnå 4 Mbit/s), mens f.eks. ensomt beliggende landbrug kan få internetforbindelse via V-SAT dog kun med 512 kbit/s.

TELE-POST har planer om at forlænge søkablet fra Nuuk til Aasiaat i Diskobugten via Manitsoq og 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 isbjerge. Radiokæden er indenfor de senere år opgraderet med nyt udstyr, og der planlægges en højhastighedsradiokæde fra Aasiaat til Ilulissat via Akunnaaq, Ikamiut og Qasigiannguut samt en udvidelse af radiokæden længere mod nord fra Uummannaq til Upernavik, hvorfra der er forgreninger til mindre byer og bygder så langt

mod nord som Kullorsuaq (74°34'N). Antallet af borgere med adgang til søkabel øges hermed fra godt en 1/3 til 2/3 af befolkningen.

Selv efter en modernisering vil radiokædesystemet have begrænset kapacitet. Der har også 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 udover satellit backup, der kan erstatte kapaciteten. Der er internationale planer om et søkabel fra Tokyo til London gennem Nordvestpassagen og her ville det være en fordel, hvis Grønland kunne kobles til kablet.

Teknisk set er det muligt at udbygge radiokædens kapacitet yderligere, men begrænses i dag af det underliggende kundegrundlag, hvor TELE-POST må sikre balancen mellem den etablerede transmissionskapacitet og de forbundne investerings- og driftsomkostninger.

Det er også muligt at leje mere satellittransmissionskapacitet, og Intelsat udbygger pt. satellitkapaciteten på de positioner, som anvendes af TELE-POST. Den første udbygning forventes etableret i 2018. Igen er problemet dog omkostningerne, idet kapaciteten via radiokæde – og især satellit – er meget dyr, når kapaciteten skal benyttes af kunder med et moderne internetbehov. Til gengæld udnyttes indtil videre kun en meget lille del af søkablets kapacitet, bl.a. fordi en udvidelse kræver større investeringer i sende- og modtageudstyr.

Niveauet for almindelig kommunikation (telefoni, dankort etc.) opleves som tilfredsstillende i de fleste situationer. Satellitter i geostationære baner over ækvator som Inmarsat giver en tilfredsstillende forbindelse, hvis der ikke er forhindringer i sigtelinjen til satellitten, og forbindelse er teoretisk ikke mulig nord for 82°N og i praksis heller ikke nord for 76°N. Der kan dog være

begyndende problemer allerede omkring 72°N, men hidtil har der kun været få kommercielle aktiviteter nord for denne breddegrad. Iridium har global dækning, også omkring Nordpolen, men da satellitten bevæger sig i forhold til jordoverfladen, giver det variationer i signalstyrken og risiko for udfald af forbindelsen.

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

Det nuværende satellitsystem er sårbart, hvilket viste sig den 6. oktober 2011, da Telesat Canada's Anik F2 satellit fik en fejl, som bevirkede at satellitten rettede sin antenne mod Solen i stedet for Jorden (7). Det førte til at al kommunikation med Nunavut og andre dele af det arktiske Canada blev afbrudt i 16 timer. Internet og telefonsamtaler blev afbrudt, forretninger og offentlige kontorer måtte lukke og en lang række fly blev aflyst.

Flere virksomheder påpeger 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. Samtidig er selskabet underlagt en betydelig myndighedskontrol og udbetaler hvert år udbytte til selvstyret. Der er dog tegn på, at en liberalisering er på vej, idet de grønlandske



Gravitationsmålinger ved Køge Bugt i Sydøstgrønland.
Foto: René Forsberg

"Mange virksomheder oplever, at bredbåndsinfrastrukturen er dyr og utilfredsstillende, især uden for Nuuk"

telemetryndigheder siden 2009 har udsendt tilladelser til operatører, der tilbyder trådløst internet i flere byer, ligesom igangværende retssager mod TELE-POST har udfordret monopollet.

Ud fra et samfundsøkonomisk hensyn kan det diskuteres, om der er plads til mere end et teleselskab i Grønland, ligesom en udbygning af infrastrukturen, der favoriserer de store bysamfund også kan støde på politisk modstand, da grundholdningen har været, at hele befolkningen skal have adgang til de samme goder.

En bekymring ved en liberalisering er levering af telekommunikation til små bygder, hvor den kommercielle interesse vil være beskedent.

Endelig nævner flere virksomheder, at en forhindring for indførelse af ny teknologi er manglen på uddannet arbejdskraft, idet det er 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.



Tórshavn. Foto: Erik Christensen

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. Fjarskiftiseftirlitið (Telestyrelsen) forestår forvaltningen af radio- og telekommunikation på Færøerne og har til opgave at medvirke aktivt til at skabe gunstige rammebetingelser for konkurrence på radio- og telekommunikationsmarkedet, så brugerne får adgang til et betydeligt udbud af telekommunikationstjenester til lave priser med høj kvalitet. Liberaliseringen af det færøske telemarked startede i 1997 med vedtagelsen af Teleloven. I 1999 fik de første teleudbydere koncession, og en lang række transmissionsvirksomheder, telefoncentraler og ejerforeninger mv. har siden fået koncession (8).

Bredbåndsdækningen på Færøerne har siden 2010 ligget på 100 %, efter at øen Hestur som den sidste, fik opstillet det nødvendige DSL-udstyr. Der sker en løbende udvikling i retning af højere bredbåndshastigheder, bl.a. på grund af teleselskabernes fortsatte opgradering af nettet. I 2014 havde 65 % af forbrugerne hastigheder mellem 2 og 10 Mbit/s, men der er stor vækst i antallet af hurtige forbindelser (over 10 Mbit/s), som i 2014 udgjorde 31 % af alle abonnementer. De resterende knap 4 pct. havde hastigheder under 2 Mbit/s.

Det færøske bredbåndsmarked er delt mellem det offentligt ejede selskab Føroya Tele, der har en markedsandel på 77 %, mens Vodafone har 22 %. En tredje udbyder, Nótin startede i 2013 med at udbyde FWA (Fixed Wireless Access) baseret bredbånd til private på op til 30 Mbit/s.

Færøerne er forbundet med udlandet via søkabler (SHEFA-2, FARICE-1 og CANTAT-3) og satellit. SHEFA-2 kablet mellem Skotland, Orkneyøerne, Shetlandsøerne og Færøerne blev taget i brug i 2008. Sammen med FARICE-1 kablet, der ligger mellem Island og Skotland via Færøerne, og som blev taget i brug i 2004, og CANTAT-3 kablet mellem Canada og Tyskland (med forgrening til Færøerne), som blev taget i brug 1996, er driftssikkerheden og transmissionskapaciteten forbedret væsentligt.

Teletænastan (TeleServe), Føroya Tele, og Vikmar er leverandører af satellit-tjenester. Der er de sidste år sket en fortsat udvikling af tjenesterne, og priserne er faldet i takt hermed til gavn for især de maritime erhverv.

Lagtinget vedtog i maj 2015 en ny telekommunikationslov, der bygger på samme hovedprincipper som telereguleringen i EU.

På grund af de geografiske forhold er det langt nemmere at udbygge den landbaserede kommunikationsinfrastruktur på Færøerne end i Grønland, men også på Færøerne vil der især til søs være fordele ved en øget adgang til satellitbaseret kommunikation. Begge steder kan droner også finde anvendelse som en ekstra kommunikationsplatform, f.eks. i forbindelse med rednings- og eftersøgningsopgaver, eller ved større begivenheder, hvor det sædvanlige net bliver overbelastet, som f.eks. ved Arctic Winter Games i Grønland eller Olaidagene på Færøerne.

" I Arktis vil satellitter i Molniyabaner kunne give væsentlig bedre dækning end satellitter i andre baner"

I Arktis vil satellitter i Molniyabaner kunne give væsentlig bedre dækning end satellitter i andre baner, idet elevationsvinklen vil være meget større, hvilket giver mulighed for at anvende højere frekvenser og større båndbredder.



Venter på helikopteren. Foto: René Forsberg

6. Fiskeri



Jollefiskere i havn. Foto: Morten Rasmussen

Fiskeriet har som allerede nævnt helt afgørende betydning for både det grønlandske og det færøske samfund. I Grønland er kvoterne for det økonomisk vigtige rejefiskeri sænket fra 124.000 tons i 2011 til 73.000 tons i 2015, men på grund af stigende verdensmarkedspriser er der fortsat betydelige overskud i de store selskaber. De faldende rejekvoter afspejler imidlertid en faldende biomasse, som ikke forventes at ændre sig de kommende år. Til gengæld er der en betydelig stigning i fangsten af hellefisk, særligt i det kystnære fiskeri, som dog også overstiger den biologiske rådgivning, som bl.a. er baseret på, at de fangede hellefisk mange steder bliver mindre og mindre. Også prisudviklingen på hellefisk har været gunstig, hvor priserne i 2015 var 50 % højere end i 2010. I de allerseneste år har der som noget nyt været betydelige forekomster af makrel i de grønlandske farvande om sommeren. I 2014 blev der fanget næsten 80.000 tons makrel, som gav en eksportindtægt svarende til 10 pct. af den grønlandske vareeksport. Dette fiskeri har således meget hurtigt fået en stor økonomisk betydning.

På Færøerne har den økonomiske vækst især været drevet af stigende eksport af fiskeprodukter, som udgør ca. 95 pct. af vareeksporten. Størrelsen og sammensætningen af fiskeeksporten er ændret betydeligt de senere år. Fiskeeksporten er øget fra 3,6 mia. kr. i 2008 til 6,1 mia. kr. i 2014 med kraftig vækst i eksporten af laks fra havbrug og pelagiske fisk (makrel og sild), mens der har været tilbagegang i eksporten af bundfisk (torsk, sej og kuller). Efter nogle år med eksplosiv vækst i havbrugene er kapaciteten nu fuldt udnyttet. Havbrug er i dag en af grundpillerne i færøsk erhvervsliv og økonomi med ca. halvdelen af den samlede færøske eksport, bl.a. takket være eksport af laks til Rusland (9).

Som følge af fiskeriets store økonomiske betydning er det vigtigt, at der er en effektiv fiskerikontrol samt at man kan dokumentere overfor omverdenen, at fiskeri foregår under kontrollerede forhold. At det grønlandske rejefiskeri er MSC-certificeret som bæredygtigt, kan

have bidraget til prisstigningerne på rejer, der i 2015 var 80 % over niveauet i 2010. I Grønland udføres fiskeriinspektion af Forsvaret i samarbejde med politiet, mens opgaven på Færøernes løses i samarbejde mellem Forsvaret og Vørn.

Overvågning kan foregå både fra satellit og fra droner, typisk ved at satellitsystemer anvendes til at få overblik og særlige forhold, der tiltrækker inspektionens interesse, kan så undersøges ved hjælp af droner.

Fiskerierhvervet har selv en interesse i, at fiskeriet overvåges, og er desuden interesseret i forskning, der kan bidrage til at detektere nye fiskeforekomster som i forbindelse med makrelfiskeriet, der har lovende fremsigtsudsigter.

Andre observationer, der er relevante for fiskeriet er observationer af og prognoser for bl.a. bølgehøjde, vindforhold, havtemperatur og havis, som er nødvendige for at planlægge fiskeriet og afsøge fiskemuligheder. Af samme årsag er de samme data også interessante for fiskerikontrollen, da de kan 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, vil 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, ville være attraktivt, især hvis havisen reduceres, og der kommer nye fiskekvoter og fiskesteder. Nær ved kysterne, hvor satellitmålinger ofte ikke findes, kan droner supplere satellitovervågninger, for eksempel for havoverfladetemperatur og klorofyl. For de færøske havbrug er det også vigtigt at undgå sygdomme, og her har måling af alger i havoverfladen kommerciel interesse, hvor det kan være nødvendigt at flytte bassiner med fiskeopdræt, hvis algerne nærmer sig.

Danmark har sammen med de øvrige arktiske kyststater indgået en aftale om et moratorium for fiskeri i det centrale arktiske ocean. I aftalen forpligter landene sig til at samarbejde om håndhævelse af dette moratorium, herunder samarbejde om overvågning af området.

”Som følge af fiskeriets store økonomiske betydning er der vigtigt, at der er en effektiv fiskerikontrol samt at man kan dokumentere overfor omverdenen, at fiskeri foregår under kontrollerede forhold”



Fiskerinspektion i Nordatlanten (foto: Jona Astrid Lambastein, Flyvevåbnets Fototjeneste)

7. Turisme



Krydstogtsejls mellem isbjerge

Turisme omtales ofte som en af de lavthængende frugter i Grønland og sammenligningen med Island, der årligt modtager over en million turister, i forhold til de relativt få turister i Grønland (37.000 landbaserede og 20.000 krydstogtturister) er oplagt.

På krydstogtområdet har Grønland endda oplevet et fald i antallet af gæster på ca. 33 % siden 2010. Én af årsagerne har været de høje passagerafgifter, der var 17 gange højere end i Island, og det blev derfor i juni 2015 vedtaget at sænke afgiften til et niveau, der nu svarer til det islandske. En anden årsag er utilstrækkelige landgangsforhold for krydstogtskibe, hvilket afholder mange passagerer fra at gå i land.

For de landbaserede turister er udfordringen især den generelt set korte sæson og en svag infrastruktur. Både transporten til Grønland og indenrigsflyvning i Grønland er dyr, hotelkapaciteten begrænset og turistbranchen mangler i vid udstrækning private investeringer i oplevelses- og modtageapparatet i form af f.eks. vildmarkshoteller, organiserede lystfisker- og jagtcamps samt faciliteter til mountainskiing. Her kan man fremhæve etableringen af Isfjordscenteret ved Ilulissat, som påbegyndes i år og forventes færdig i 2018, som en model for andre fremtidige besøgscentre i Grønland.

En positiv udvikling har været afledte effekter i Grønland af den store vækst i turister til Island. Takket være et målrettet flerårigt samarbejde mellem grønlandske og islandske turistaktører vælger en del turister at kombinere opholdet i Island med et besøg Østgrønland.

Turisme bidrager med en omsætning på ca. 350 mio. kr. i Grønland og beskæftigelse til 500 fuldtidsansatte. Selvstyret har en ambition om at fordoble antallet af turister inden 2040 og planlægger i løbet af de næste par år at investere i en forbedring af landgangsfaciliteterne for

krydstogtskibe, der skal gøre landsætning mere komfortabel for gæsterne på udvalgte havne, ligesom man også overvejer at forbedre rammevilkårene for turistbranchen.

Potentialet i den fremtidige turisme kunne være mere eksklusive former for mindre grupper af turister, hvor man udnytter Grønlands store muligheder for oplevelser i naturen f.eks. i form af sejlads, heliskiing, hundeslæde ekspeditioner, jagt, klatring osv. Det stiller mindre krav til udbygning af den fysiske infrastruktur med havneanlæg og landingsbaner, men stiller til gengæld høje krav til sikkerhed og til de guider, der servicerer turisterne.

"En øget turistindustri i Grønland vil forudsætte bidrag fra alle områder, som satellitter kan understøtte"

En øget turistindustri i Grønland vil forudsætte bidrag fra alle områder, som satellitter kan understøtte, hvor man f.eks. kan udnytte satellitdata om rumvejr til at forudsige nordlysaktivitet. På kommunikationssiden vil turisterne have en forventning om hurtige og billige internet- og mobilforbindelser, og øget trafik i nye isfrie områder – især til søs – vil kræve nyt kortmateriale, ligesom der også vil være et behov for øget overvågning, redningsberedskab, og muligheder for

eftersøgning.

Nøjagtige iskortlægninger er af stor betydning for krydstogtskibe, hvor rederierne i øjeblikket samarbejder med private udbydere af isdata eller gratis data fra forskellige kilder. Det kan være af varierende kvalitet, men der er interesse for en centraliseret udbyder med de mest pålidelige data.

Større og tilbagevendende begivenheder som Arctic Winter Games i Grønland stiller også store krav til kommunikationskapaciteten.

På Færøerne er omsætningen fra turisme stigende og var i 2014 ca. 600 mio. kr., og planen er at øge dette til 1 mia. kr. i 2020. Tendensen på turistmarkedet er en stor stigning i efterspørgslen efter nye og ukendte destinationer med andre oplevelser, og med udgangspunkt i den færøske natur og kultur matcher Færøerne denne efterspørgsel. Der er således gode muligheder for vandre- og rideture i fjeldene, fiskeri, sejlture m.v. og flere restauranter baseret på det færøske og nordiske køkken.

Færøerne har de senere år også tiltrukket et stigende antal af krydstogtskibe, og antallet af passagerer er steget fra ca. 10.000 i 2002 til over 50.000 i 2014. Langt de fleste skibe anløber Tórshavn, men flere skibe er begyndt at besøge Klaksvík. Krydstogtskibene ankommer typisk om morgenen, hvorefter der arrangeres ture til lokale attraktioner, og skibet sejler herefter videre samme aften.



Søpapegøje på Mykines. Foto: Erik Christensen

8. Råstof erhverv



Hans Ø. Foto: René Forsberg

I Grønland fremstår råstofudvinding fortsat som et område med stort potentiale, selvom forventningerne er dæmpet betydeligt de seneste år. Potentialet er både indenfor olie og gas samt mineraler, og klimaaendringer bliver jævnligt nævnt som en parameter, der vil gøre råstofferne mere tilgængelige. Det er dog ikke kun et spørgsmål om større tilgængelighed, idet især forventninger til de globale råvarepriser har afgørende betydning for lysten til at investere i råstofeftersøgning/råstofudvinding.

Ifølge den internationale mineral-industri, er Grønland attraktiv som mineland på grund af de interessante geologiske forhold samt den omfattende kortlægning, der er sket gennem mere end 200 års geologiske undersøgelser af landet. De negative faktorer er det arktiske klima, den mangelfulde infrastruktur og den lave tilgængelighed af lokal arbejdskraft (10). I 2015 åbnede en mindre rubinmine ved Fiskerhøjen, men ellers har udviklingen i mange år været, at miner i Grønland blev lukket. Et af de potentielt største projekter er Isukasia jernmineprojektet i Godthåbsfjorden. Det britiske mineselskab London Mining gik imidlertid konkurs i 2014, og selvstyret har overdraget udnyttelsestilladelsen til det kinesiske selskab General Nice, som dermed blev det første kinesiske selskab med udvindingstilladelse i Grønland. De lave råvarepriser har imidlertid betydet, at selskabet ikke har villet foretage de nødvendige investeringer i minedriften (11).

De væsentligste projekter er herudover sjældne jordarter, zink og uran ved Kvanefjeldet, sjældne jordarter ved Kringlerne i Sydgrønland, zink ved Citronen Fjord og industrimineralet

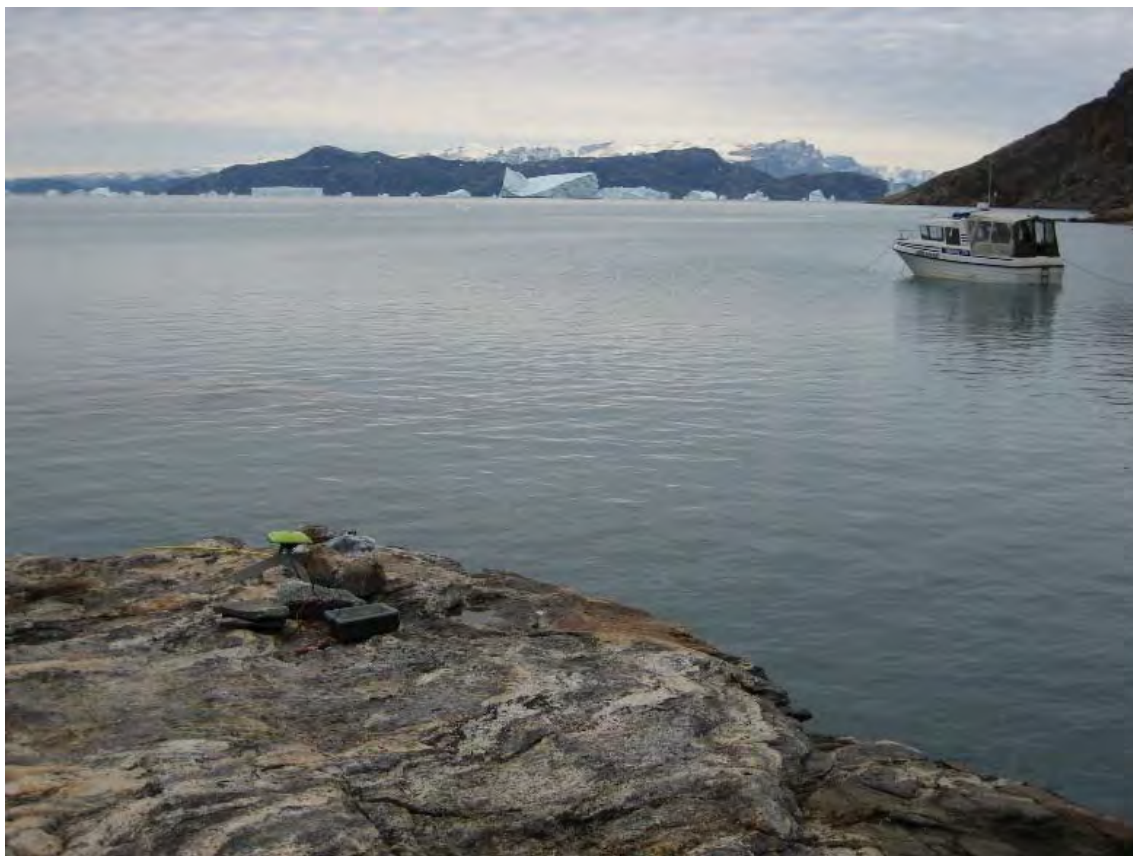
anorthosit ved Kangerlussuaq. Kvanefjeldet i Sydgrønland har store forekomster af sjældne jordmineraler og uran, som imidlertid på grund af uranudvindingen også er politisk kontroversielt. Det australske mineselskab Tanbreez har i en årrække arbejdet med mineprojektet ved Kringlerne og har haft langvarige forhandlinger med Selvstyret, som endnu ikke er afsluttet. Et andet australsk selskab, Ironbark Zinc, har i en årrække arbejdet med Citronen Fjord projektet sammen med fund ved Mestersvig og Washington Land i Nordgrønland (12).

"Olieeftersforskningen har også et øget behov for kommunikation, ikke mindst i forbindelse med sikkerhedskravene, som er betydelige"

Olieeftersforskning er primært foregået i et havområde i Vestgrønland, men der er nu fem efterforsknings- og udnyttelsestilladelser i Nordøstgrønland. Der er sket en række tilbageleveringer af licenser i Vestgrønland, og der er ingen kendte planer om efterforsknings-boringer de kommende år.

Færøerne har også et potentiale for olie- og gasudvinding, men ikke for mineraler. Interessen fra olieselskaberne har hidtil koncentreret sig om havområdet øst og sydøst for Færøerne op mod den britiske kontinentalsokkel. Der er gennemført flere efterforsknings-boringer, men der er ikke gjort kommercielle fund, og der er ingen kendte planer om efterforsknings-boringer de kommende år.

Olieeftersforskningen har også et øget behov for kommunikation, ikke mindst i forbindelse med sikkerhedskravene, som er betydelige. Seismiske data processeres delvist og kvalitetskontrolleres i realtid ombord på de seismiske fartøjer, hvorfor behovet for at sende data i land



GPS-måling på Sydkap. Foto: René Forsberg



Twin Otter udstyret med LIDAR til indsamling af afstandsmålinger med høj præcision. Foto: René Forsberg

er begrænset. De seismiske data er i øvrigt ikke kun relevante i efterforskningsfasen, men bruges også for at tiltrække udenlandske investorer.

Den største udfordring for olieefterforskning i Grønland lige nu er den lave oliepris, som i forhold til de høje omkostninger har gjort det mindre attraktivt at søge efter olie i Grønland. Der er således store sikkerhedskrav, f.eks. tilstedeværelse af to borerigge (til evt aflastningsboring), operationsperioden er kort, hvilket betyder, at én boring måske skal bores over to sæsoner, og endelig er der usikkerhed med hensyn til yderligere myndighedskrav.

Blandt de naturgivne forhold er is i form af havis og isbjerge afgjort en af de største udfordringer for olieefterforskning. Havisen er bestemmende for operationsvinduet fordi man i Grønland kun må operere i den isfrie periode (basalt set kun fra juni til oktober) og her kan isbjerge udgøre en stor sikkerhedsrisiko. Selskaberne arbejder med veldefinerede zoner og sikkerhedsprocedurer omkring rigge og fartøjer, således at arbejdet til hver en tid foregår forsvarligt. Det kan eksempelvis indbefatte at potentielt farlig is flyttes væk af specialskibe eller at al boreaktivitet lukkes ned midlertidigt. En tidlig detektion af isbjerge giver mulighed for at bugsere isbjerget og påvirke dets retning, således at det passerer boreriggen i sikker afstand. Derved undgår man at skulle sikkerhedsflytte borerigge, hvilket både er meget kostbart og i sig selv indebærer en sikkerheds- og miljørisiko.

For at en operation er både sikker og effektiv er det derfor vigtigt kontinuerligt at kende fordelingen af drivende eller grundstødt is samt at have gode prognoser for, hvordan den vil udvikle sig i rum og tid. Typisk løses dette ved en kombination af et dedikeret ice management team, dedikerede støtteskibe med forskellige radar systemer og satellitbaseret overvågning. Satellitovervågning af isbjerge i nær realtid vil således være af stor værdi. Droner kan også

tænkes ind i et sådant setup for at se detaljer om isbjerge fra luften, men det kan også være for at følge is der kan være vanskelig at identificere fra skib eller satellit. Det kan være små isbjerge, der malflyder eller med runde former, som i nogen situationer giver et meget lille tilbageslag på en radar.

I tilfælde af en eventuel udbygning til en egentlig produktion skal der desuden sikres en udvindingsteknologi således at faciliteterne enten er flytbare, eller kan beskyttes eller være stærke nok til at modstå tryk fra selv de størst tænkelige isbjerge i området.

Der er derfor et stort behov for overvågning af isudbredelse og isbjerge i realtid, afhængigt af typen og varigheden af operationerne (se afsnittet om Vejrudsigter / ismeldinger). Minedrift vil også medføre øget skibstrafik med krav om bedre kommunikation og bedre overvågning.

GEUS har igennem de sidste 20-30 år indsamlet en stor mængde luftbårne geofysiske og remote sensing data på Grønland. Data er indsamlet over land i isfrie -og kystnære områder fra fly og/eller helikopter med fokus på systematisk regional-kortlægning. Mineselskaber der arbejder på Grønland har stor glæde af GEUS' regionale data, men har herudover brug for mere detaljerede surveys med højere opløsning (dvs. fløjet i lavere højde og med mindre afstand mellem målingerne). I denne type detaljerede prospekteringsundersøgelser er droner særligt interessante. En model kunne være (baseret på de regionale surveys og geologiske data) at undersøge udvalgte områder med droner (evt. med en sværm) for at udføre meget detaljerede multiparameter surveys.



Indgang til gammel kulmine på Suðuroy. Foto: Jens Olaf Pepke Pedersen

9. Skibstrafik



Inspektionsfartøjet Knud Rasmussen undsætter skibet Anguteq Ittuk, der sidder fast i isen ved Vestgrønland. Vinteren 2015 var ekstra lang og hård. Foto: Kim Møller Petersen

Alle forventninger viser en øget skibstrafik i Arktis fremover, også selvom de meget høje forventninger til en hurtig åbning af store transarktiske sejlruiter ikke er blevet indfriet (13). Forventningerne var især baseret på prognoser om et konstant aftagende isdække i Det arktiske Ocean, som ville gøre Arktis mere tilgængeligt for international skibstrafik, men som ikke har vist sig at holde stik. F.eks. var prognosen i 2001, at Nordvestpassagen indenfor ti år ville være åben for almindelig skibstrafik en måned om sommeren (14), ligesom andre forudsigelser også har vist sig at være for optimistiske, f.eks. at Nordøstpassagen kunne besejles med alle skibe i 2008 (15) eller at hele Arktis ville være isfrit i sommeren 2013 (16) eller 2015 (17).

De vigtigste trans-arktiske sejlruiter er Nordøst- og Nordvestpassagen samt Den transpolare Rute. Nordøstpassagen, som egentlig er en kombination af flere sejlruiter, løber langs den russiske Arktiskyst og er formodentlig den første af de store sejlruiter, som vil blive isfri og også den mest udviklede og benyttede rute. Ved at benytte Nordøstpassagen, vil f.eks. strækningen fra Yokohama til Rotterdam kunne reduceres (18) fra 20.600 km via Suezkanalen til 8.500 km via Nordøstpassagen. Indtil nu har fragtmængderne i Nordøstpassagen dog været beskedne. Mens der blev transporteret omkring 835 mio. ton gods gennem Suezkanalen (19), blev der i 2015 således kun transporteret 100.000 ton gods mellem Asien og Europa langs ruten (20), hvilket endda er et fald fra 300.000 ton i 2014 og 1,3 mio. ton i 2013. Rusland har imidlertid investeret i havne- og isbryderfaciliteter og har oplevet en stor stigning i trafik til og fra russiske havne i Arktis. En anden begrænsning er, at vanddyben langs kysten er beskedne, f.eks. kun 13 meter i

Sannikovstrædet, som deler Laptevhavet og Det østsibiriske Hav. Det er muligt at vælge en nordligere rute udenom de snævre stræder mellem øerne, men i så fald er skibene mere udsatte for isen i Det arktiske Ocean.

Nordvestpassagen, som også er en kombination af flere sejlruiter, løber gennem Det canadiske Øhav og her vil strækningen fra f.eks. Vancouver til Rotterdam reduceres fra 16.400 km via Panamakanalen til 12.850 km via Nordvestpassagen. Isforholdene er normalt vanskeligere end langs Nordøstpassagen, og i forhold til denne er faciliteterne langt mindre udviklede. Man kan vælge en nordligere rute gennem Pearykanalen eller en sydligere syd om Victoria Ø. Den nordlige rute er relativt dyb, men oftere blokeret af is, mens den sydlige, som er mere beskyttet mod drivis, til gengæld har snævre passager med en vanddybde på kun 10 meter. Den canadiske hær er for tiden ved at bygge en dybvandshavn og flådebase ved Nanisivik på Baffin Ø, som forventes (21) at blive åbnet i 2018.

Den transpolare Rute går direkte gennem det centrale Arktiske Ocean, og her har man endnu ikke observeret isfrie forhold, og anvendelsen af denne rute ligger mange årtier ude i fremtiden. Forskere fra den norske forskningsinstitution Sintef har i øvrigt også gjort opmærksom på, at skibstransport gennem Arktis pga. den lokale klimapåvirkning fra bla. sodpartikler ikke nødvendigvis er mere miljøvenlig end de længere alternativer (22). Sammenfattende er vurderingen derfor, at der de kommende årtier næppe vil ske den store øgning i transarktisk trafik forbi Grønland.

FN's klimapanel forventer dog, at isdækket i Det arktiske Ocean vil fortsætte med at aftage gennem det 21. århundrede og alt efter hvilket scenarie, der lægges til grund, viser modellerne,



Sejlads i isfyldt farvand ved Ilulissat i midnatssol.
Foto: Mary Ngo

at oceanet kan være næsten isfrit om sommeren (23) på et tidspunkt mellem 2040 og 2060.

På trods heraf er forventningerne til en stigende transarktisk trafik også afdæmpede af andre årsager. Sålædes foregår størstedelen af skibstrafikken mellem Kina og Europa med en flåde af containerskibe, der opretholder et rutenetværk, som er afhængigt af regulære og præcise ankomster til en række større havne i netværket. Næsten halvdelen af Verdens containertransport håndteres af de 20 største havne, hvoraf de fleste er

beliggende ved lave breddegrader langt fra Arktis. Da der ikke er større havne i Arktis med tilhørende infrastruktur, er det ikke forventningen at en større del af disse ruter vil blive omlagt. F.eks. udgør Kinas handel med Nordeuropa, som vil være mest relevant for sejlads via Arktis, mindre end 3 % af Kinas samlede handel.

Der har været planer om at Island kunne udnytte sin strategiske placering ved indsejlingen til Arktis og opbygge en trans-Arktisk hub for skibstrafikken, bl.a. med planer om en ny havn ved Finna fjorden (24), men med en placering langt fra de store skibsruter, vil Island næppe opnå større betydning end som hub for sejlads til destinationer i Arktis eller evt. for transport af råstoffer fra Grønland.



M/S Norröna øst om Porkeri, Færøerne. Foto: Erik Christensen

I en lang årrække vil transit gennem Arktis derfor kun have begrænset betydning, men til gengæld vil destinationsejlads i Arktis øges med stigende aktivitet, især såfremt der sker en udvikling i mineprojekterne, ligesom et varmere klima vil muliggøre sejlads længere nordpå og i en større del af året, hvilket også vil være interessant for krydstogtskibe. Skibstrafikken omkring Færøerne er også stigende, ligesom der er mange krydstogtskibe i området.

En ny rapport fra CBS konkluderer, at de største muligheder for den maritime sektor i Arktis er i forbindelse med offshoreaktiviteter og bulktransporter (25). Således er der et stort potentiale i transport af råstoffer fra Arktis, hvor man ikke er underlagt de stramme sejlplaner som routeskibene. Derimod vil kombinationen af lave oliepriser, en kort sæson og isforholdene betyde, at rutetrafik via Arktis tidligst vil blive konkurrencedygtigt omkring 2040. Uanset fremtidige klimaforbedringer vil Arktis desuden fortsat være et område med ekstreme sejlandsforhold især i vinterhalvåret med mørke, isdannelser, kraftige storme og temperaturer ned til 50 frostgrader. Sikkerhed og redning vil være en konstant udfordring.

Krydstogtturisme fremhæves ofte som et område med stort potentiale for Grønland og der har også især omkring Svalbard været en stor vækst i antallet af passagerer (26). De arktiske krydstogtskibe er generelt små med 50-400 passagerer, men tendensen er at skibene bliver større, ligesom de ofte ikke følger de direkte ruter, man opsøger ensomme og naturskønne steder, hvilket jævnligt bringer skibene gennem havområder, som ikke er kortlagte (27). Risikoen er således stor, idet skibene typisk har ældre passagerer ombord og gerne opererer nær iskanten eller kysten for at give passagererne den bedste oplevelse. Fra 1. januar 2017 træder en ny polarkode for skibe i kraft, som øger kravene til skibe og deres udstyr i Arktis.

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. Skibstrafikken kan så overvåges fra satellitter, der er udstyret med AIS-modtagere, men er naturligvis afhængig af, at skibene selv identificerer sig. Det giver til gengæld mulighed for, at man i overvågningen kan rette interessen mod de skibe, der er observeret ved hjælp af satellitbilleder eller droner, og som ikke har ønsket at blive genkendt i AIS-systemet. Det kan være trawlere, der fisker ulovligt, eller skibe, der tømmer olie i havet.

Det vil være hensigtsmæssigt, hvis det var muligt at reducere rapporteringsbehovet (hvor skibet selv skal melde ind, hvor det befinder sig). Bedre overvågning fra satellit kan reducere niveauet af manuel rapportering (dvs. afgivelse af position), således at automatisering af processen vil 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.

I forbindelse med isovervågning er det også nævnt, at droner kunne anvendes på skibe for at etablere et overblik over nærområdet i "øjnehøjde". F.eks. er målinger af havistykkelse på lokalt plan interessant i områder og perioder hvor havisen bruges til transport og fiskeri/fangst. 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. Mange af de ønskede meteorologiske og andre data kan nedtages fra videnskabelige satellitter.

Droner kan også anvendes til overvågning af skibsfart i tvungne sejlruiter, f.eks. til og fra miner. Det kræver imidlertid, at man har båndbredde nok til at transportere data tilbage til en central. Der er generelt et stort behov for bedre overvågning, især på havet, hvor der f.eks. er behov for at overvåge, beskrive og formidle oplysninger om isudbredelse, olieudslip og skibstrafik. Især fremhæver både virksomheder og myndigheder et stort ønske om bedre/flere/hyppigere iskort-/prognoser samt kontinuerlig isovervågning.

Overvågning af havmiljø og skibstrafik kan med fordel sammenkædes, så det er muligt at udpege kilder til olieudslip til søs.

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.

Gode internetforbindelser er i øvrigt også en konkurrenceparameter for rederierne, når de skal tiltrække ansatte.

"Der er generelt et stort behov for bedre overvågning, især på havet, hvor der f.eks. er behov for at overvåge, beskrive og formidle oplysninger om isudbredelse, olieudslip og skibstrafik"

10. Flytrafik



Vágar Lufthavn. Foto: Jákup Sverri Kass, Vága Floghavn

Store dele af det globale luftrum er i dag uden overvågning af civil lufttrafik, på grund af begrænsninger i rækkevidde af jordbaseret udstyr (ca. 380 km), eller på grund af forhindringer mellem fly og jordbaseret modtager. Det betyder eksempelvis, at store dele af den oceangående lufttrafik (Nordatlanten mellem Europa og USA alene beflyves af over 450.000 operationer årligt) flyver i et luftrum, hvor det er nødvendigt at kræve en stor sikkerhedsafstand mellem flyene.

Der er flere ulemper ved den manglende flyovervågning og de store adskillelsesafstande. Dels er beflyvningen af sådanne områder ufleksibel i relation til skift i vejrforhold, hvor eksempelvis flyvningen kan være planlagt i medvind men må gennemføres i modvind pga. vejrændringer, fordi flyet ikke kan dirigeres mod mere favorable vejrforhold. Desuden er sikkerheden ikke optimal, fordi afviklingen af lufttrafik i de uovervågede områder foregår ved en såkaldt "procedural adskillelse", hvor sikkerhedsafstanden mellem flyene er afhængig af pilotens rapportering af position og højde, og som en flyvekontrolenhed ikke har mulighed for at verificere.

Denne situation vil blive afhjulpel når selskabet Aireon (som bl.a. Naviar er medejer af) i løbet af 2015-2017 deployerer et satellitbaseret flyovervågningssystem, som vil muliggøre overvågning af al civil lufttrafik som er udstyret med en transponder. USA og EU har vedtaget at alle større kommercielle fly skal installere transpondere inden 2020, men mange fly har allerede denne.

Aireons konstellation består af 72 LEO satellitter (Low Earth Orbit, højde ca. 760 km), hvoraf 66 satellitter er operationelle og 6 satellitter er i kredsløb som reserver. Det betyder at lufttrafikken altid vil blive "set" af minimum 1 satellit, og dækningen vil blive overordentlig god i Arktis. Det må

derfor forventes, at lufttrafikken over Arktis vil blive øget hvilket også vil øge behovet for kommunikation, herunder også til inflight entertainment.

Behovet for mere præcise vejrudsigter for Arktis vil også blive øget, men 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 af meteorologiske data fra hele luftrummet, hvilket vil medvirke til at forbedre vejrudsigterne.

På Færøerne er øernes eneste lufthavn i Vágar 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 Vágar og er primært baseret på data fra meteorologer hos DMI og sekundært fra islandske og engelske vejrtjenester. 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.

"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 af meteorologiske data fra hele luftrummet"



Nuuk Lufthavn. Foto: Jens Olaf Pepke Pedersen

11. Vejrudsigter / ismeldinger



Isbjerger. Foto: Morten Rasmussen

Mange aktører både virksomheder og myndigheder efterlyser såvel bedre realtidsobservationer af isforhold som bedre prognoser. Det kan f.eks. hjælpe patruljering, fiskeri, godssejlad, passagersejlad. Forbedrede isoplysninger er også relevante for sejladssikkerheden og for brændstofforbruget.

DMI udsender regelmæssige haviskort til navigationsbrug for området omkring Kap Farvel, typisk 2-3 gange ugentligt afhængigt af situation og behov. Hver mandag og torsdag udsendes et oversigtsiskort for alle grønlandske farvande. Derudover udsender DMI iskort for Vest- og Østkysten med skiftende intervaller alt efter sæson, behov og ressourcer. Iskortene udsendes i en række forskellige formater pr. mail eller fås via dmi.dk, men eksempelvis også til ArcticWeb. Den egentlige præsentation af isoplysninger er også vigtig for brugerne, hvor der til stadighed efterspørges opgraderinger af f.eks. internetportalen www.seaice.dk, ArcticWeb, dmi.dk o.l. I forbindelse med iskort er der i øvrigt også ønsket om en mere brugervenlig udgave af internetportalen www.seaice.dk. NASA's Arctic Collaborative Environment giver også adgang til en lang række data for Arktis i grafisk form.

Kortlægningen udenskærs sker ved hjælp af satellitdata, primært SAR (Synthetic Aperture Radar) data. Flyobservationer er det primære datagrundlag indenskærs i Sydgrønland. Istjenesten og Iscentralen i Narsarsuaq er imidlertid kun finansieret til at dække syd for ca. 62°N, alt imens der er et stadigt stigende behov for bedre isprodukter, både observationer og korttidsprognoser, også i nordligere egne.

DMI har siden slutningen af 1990'erne operationelt anvendt satellitbaserede radarsystemer til isovervågning udenskærs, og teknologien er nu så udviklet, at DMI nu tester den operationelle

anvendelse i indenskærs området, som kræver en langt højere opløsning end udenskærs. For nuværende kan isovervågning og isforudsigelse udføres med satellit og radar kombineret med isstudier, bl.a. GPS-tracking og DMI arbejder på at forbedre disse metoder.

Iscentralen Narsarsuaq har brug for fly eller helikopter på faste tidspunkter eller med kort varsel, for at assistere brugere i isfyldte farvande. Anvendelse af droner er derfor oplagt i løsningen af Istjenestens opgaver. Cowi har udført demonstrationseksperimenter i Narsarsuaq i 2013 med en lille drone. De forløb isoleret godt, men identificerede også begrænsninger, der skal adresseres, bl.a. dronernes begrænsede rækkevidde og manglende viden om operationel anvendelse af droner, f.eks. regularitet og vejrfølsomhed.

DMI ser fremtidige muligheder i at indsamle data om havis og isbjerge fra langt mere avancerede dronesystemer, selvom det pt ikke ses som det primære datagrundlag. Flyobservationer er meget kostbare, og derfor vil det være en fordel, hvis 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.

DMI har i samarbejde med Forsvaret og GEUS udført isovervågningsforsøg med det islandske Dash-8 rekognosceringsfly. Flyet har relevante tekniske muligheder til overvågning af is, men der ligger nogle indbyggede konflikter og begrænsninger, idet visuelle observationer af is kræver at der flyves lavt, hvorimod radarobservationer af is kræver at der flyves højt, hvilket sætter begrænsninger på rækkevidden og dataindsamlingen.

Når det gælder meteorologiske observationer omkring Grønland, 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 vejrmødelles til havis (temperatur, bølgehøjde, vindhastigheder og havstrømme).



Isbjerge ved Ilulissat. Foto: Mary Ngo

I takt med at både skibstrafikken og aktiviteterne omkring eftersøgning efter olie ved Grønland er stigende, vokser også behovet for, at nogle holder øje med, om der forekommer olieudslip. Det vil være nærliggende, at DMI inddrages i løsningen af den opgave, da man kan se olien ved hjælp af den samme type radarsatellitbilleder, som bruges til at opdage isbjerge.

12. Redningsopgaver



**Mindesmærke for dem, der ikke kom tilbage fra havet. Bronze-skulptur af Fridtjof Joensen (1920-1988) ved Gjógv på Eysturoy.
Foto: Jens Olaf Pepke Pedersen**

Redningsopgaver i Arktis er særligt udfordrende på grund af de store afstande og det ekstreme klima. Det betyder, at det både kan tage lang tid at finde de nødstedte og få hjælpen, samtidig med at tidsfaktoren kan være kritisk. I et scenarie med en katastrofesituation, der involverer et større krydstogtskib, kan det også være kritisk at have kapacitet til at hjælpe de mange og typisk ældre passagerer. Det kan også være en udfordring, at de overlevende efter ulykken er bragt i umiddelbar sikkerhed, f.eks. i redningsbåde eller på

en isflage, men hvor det kan tage flere dage at hente de nødstedte.

Der er afholdt flere redningsøvelser i havet omkring Grønland og Færøerne, og erfaringerne herfra har vist, at det er vigtigt for eftersøgningen, at der er et samlet og opdateret billede af situationen i området, således at man kan trække på civile skibe og fly i forbindelse med redningsaktionen.

Der er således både behov for overvågning og under større redningsaktioner er der også et stort og udækket behov for bredbåndskommunikation, især når man er langt mod nord, således at enhederne kan udveksle situationsbilleder, f.eks. videooptagelser af det nødstedte skib, afholde videokonferencer m.v.

Også ved redningsopgaver vil droner være et værdifuldt supplement til helikopterens anvendelsesmuligheder, især hvis rækkevidden er større end helikopterens. Dronerne kan ikke erstatte helikopterens anvendelsesmuligheder, men de kan f.eks. tage almindelige og infrarøde billeder, bestemme positioner af objekter på havet samt eftersøge objekter, ligesom droner også kan aflevere udstyr til nødstedte på havet. Hvis droner skal indsættes i eftersøgnings- og redningsopgaver kræver det, at de også kan flyve i dårligt vejr, ligesom der skal være sikkerhed for at dronen ikke kan kollideres med redningshelikoptererne. Der forventes derfor ikke nogen besparelser ved at anvende droner i redningsøjemed, men den kan udgøre en ekstra kapacitet, hvilket dog også skaber et behov for uddannelse og personale til vedligeholdelse og drift af dronen.

"Det kan også være en udfordring, at de overlevende efter ulykken er bragt i umiddelbar sikkerhed, f.eks. i redningsbåde eller på en isflage, men hvor det kan tage flere dage at hente de nødstedte"

13. Sundhed



En familie i Ittoqqortoormiit er på tur. Foto: Carsten Egevang

Det grønlandske sundhedsvæsen omfatter landshospitalet, Dronning Ingrid's Hospital i Nuuk, 16 distriktssygehuse og 60 sygeplejestationer i bygder og små byer. Derudover har alle byer og bygder med mindst 50 indbyggere fået opstillet udstyr til telemedicin.

Anvendelsen af telemedicin har afhjulpet nogle af udfordringerne i sundhedsvæsenet som bl.a. er mangel på uddannet personale, store afstande og hyppige perioder med dårligt vejr, som betyder, at mange patienter kan risikere at vente i lang tid på den rette behandling, hvilket både er dyrt og i værste fald kan koste menneskeliv. I store dele af havområdet og i Nordøstgrønland er det selv med helikopter svært at nå derop, og omvendt er en patienttransport med helikopter, der viser sig at være unødvendig også en stor ekstraomkostning. Større skibe er således udrustet med en operationsstue ombord, der kan benytte telemedicin. Historisk har Grønland arbejdet relativt isoleret med telemedicin og har gjort sig egne erfaringer med effekten af telemedicin uden at trække nævneværdigt på international erfaring til udvikling eller drift.

Med den hurtige udvikling af flere og helt nyt behandlingsformer, som også vil skabe stigende forventninger til sundhedssektoren, herunder også på forebyggelsesområdet, er der dog fortsat dramatiske udfordringer for Grønland.

Forbedrede kommunikationsmuligheder, herunder bredbånd, vil bidrage til at afhjælpe nogle af udfordringerne især indenfor e-Health med bl.a. telemedicin og elektroniske patientjournaler. Her er især begrænsninger i internetkapacitet og –stabilitet fremhævet som problemområder, ligesom datatransmissionen også er relativt omkostningstung.



Dronning Ingrid's Hospital i Nuuk. Foto: Jens Olaf Pepke Pedersen

Erfaringerne med "sundhedsrobotten" Pipaluk ser generelt ud til at være gode og bidrager både til at sænke omkostningerne i sundhedssektoren samtidig med at folk stadig kan bo i små byer og bygder uden at undvære et rimeligt niveau af sundhedsydelser.

Pipaluk er en computer med adgang til internettet, hvor der er installeret et software-program (tConsult udviklet af Afchan i Alaska). Pipalukken kan sammenlignes med en mangearmet blæksprutte, hvor kliniske undersøgelsesapparater (otoskop, EKG-apparat, Skop til måling af blodtryk, puls, saturation og temperatur, digitalt kamera, stetoskop, spirometri) er forbundet til computeren. Selve systemet fungerer som et "store and forward" system, hvor data sendes til en central server. Dermed kan data genfindes senere, ligesom serveren har en webapplikation, der kan tilgås fra alle computere, der er på internettet f.eks. fra regionssygehus eller sundhedscenter.

En ulempe ved Pipaluk-systemet er, at enhederne er store og immobile samt dyre at servicere og supportere, idet det skal foretages af en tilrejsende tekniker. Det giver lange ventetider for de brugere, der har problemer, og resultatet er en vis opgiveness i forhold til at benytte systemet, hvilket er en stærkt medvirkende årsag til, at Pipalukkerne ikke benyttes i fuldt omfang, samt at der er modstand imod nye initiativer, der indebærer brug af Pipaluk. Siden systemet blev implementeret i 2008-10 er der imidlertid sket en hastig udvikling på såvel de tekniske muligheder som på markedsefterspørgslen på mere mobile telemedicinske enheder, og der er i dag mulighed for at opnå tilsvarende funktionalitet med langt mindre og mere mobile og kompakte enheder. En udskiftning af Pipalukkerne til lette mobile modeller vil betyde, at de ikke skal serviceres lokalt, når teknikken svigter, eller enheden skal opgraderes. I stedet fremsendes en ny enhed, og den defekte returneres som almindelig fragt med henblik på reparation.

Det er pt. kun bygder med en befolkning på mere end 50 personer, der i dag betjenes af en bygdesundheds/sygeplejestation med lokalansat personale med adgang til en Pipaluk, mens de mindste bygder kun har adgang til et medicindepot betjent af en depotforvalter og telefonisk assistance fra nærmeste sygehus. For bygder under 50 personer har det været foreslået, at etablere en arbejdsplads for den lokale depotforvalter bestående af en bærbar pc, et eksternt web kamera, en kuffert med kliniske apparater (Jabra) og en ADSL-forbindelse. Opsætningen er

relativt simpel og kan etableres for ca. 10.000 kr, men igen er en af begrænsningerne hvilke dataforbindelser, der kan leveres i de små bygger.



**Telemedicinsk udstyr – Pipaluk.
Foto: Jens Olaf Pepke Pedersen**

Telemedicin anvendes også mellem Grønland og Danmark, f.eks. med tele-ekkokardiogram, hvor skærbillede og data fra undersøgelsesudstyret sendes fra Dronning Ingrid's Hospital til Rigshospitalet i København. Derved kan læger i Nuuk få hjælp til at fortolke billederne fra fagfolk i København og man kan undgå, at patienten skal flyve til undersøgelse i Danmark. Aktuelt arbejdes der med øget brug af videokonsultationer såvel internt i det grønlandske sundhedsvæsen, og ift. eksterne samarbejdspartnere, som leverer sundhedsydelser til patienter i Grønland. Det sidste omfatter øjenssygdomme (oftalmologi) og hudsygdomme (dermatologi) som er i "drift" og der arbejdes aktuelt på at etablere samarbejde med neurologer i Danmark, således at patienterne tilses af en neurolog i Danmark, hvor en sundhedsfaglig person i Grønland vil fungere som neurologens "forlængede arm" og gennemføre f.eks. neurologisk undersøgelse.

Telemedicin er også et nationalt indsatsområde i Danmark, hvilket vil give gode muligheder for at tilbyde assistance til de

grønlandske samfund, ligesom et udvidet samarbejde med hospitaler i Island er oplagt.

Udvidet anvendelse af telemedicin kan ske ved øget brug af videokonsultationer i stedet for personlige fremmøder og indenfor nye områder som f.eks. telepsykiatri, som kan afhjælpe problemer med hurtig adgang til psykiatrisk behandling. Videokonsultationer kan også afhjælpe nogle af problemerne med at patienterne ikke møder frem til de aftalte lægekonsultationer eller hvor patienten ikke har vilje eller evne til at følge lægens anvisninger i behandlingen. F.eks. har internationale undersøgelser vist, at patienter kun tager ca. halvdelen af den ordinerede medicin (28).

Psykiatriske patienter med lidelser som skizofreni har ofte problemer med at følge lægens medicinordninger bl.a. andet fordi patienterne ikke selv mener, at de er syge. Derfor møder mange heller ikke op til lægekonsultationerne, eller nedtrapper selv medicinen, fordi de i deres egne øjne er raske. Her ville online konsultationer gøre det nemmere for patienten at komme i kontakt med lægen, så lægen bedre kan følge patienten og motivere denne til at tage medicinen.

Videokonsultationer kan også være værdifulde f.eks. ved behandling af tuberkulose, som ikke er ualmindelig i Grønland. Får en patient konstateret aktiv tuberkulose, skal han gennemgå en antibiotikakur på 4 piller hver dag i 6 måneder, hvilket er en udfordring for mange patienter, og hvis kuren ikke bliver fulgt korrekt der er ganske alvorlige bivirkninger og risiko for udvikling af multiresistente tuberkulose bakterier. Igen vil online konsultationer gøre det nemmere for lægen at følge og motivere patienten.

I fremtiden vil nye telemedicinske løsninger også kræve god datakommunikation, hvis nye patientgrupper skal anvende software og sensorer i eget hjem. Det kan f.eks. være digital understøttet genoptræning i eget hjem, systematisk hjemmemonitorering af patienter, som både kan følge patienter, der har været indlagt eller forebygge akutte indlæggelser.

Sundhedsforskningen i Arktis foregår ofte ved feltforskning i bygder, hvor eksisterende internetforbindelser ikke er tilstrækkelige og i hvert fald ganske dyre, og der er derfor også fra forskningsside et ønske om en styrket datatrafik.

"I fremtiden vil nye telemedicinske løsninger også kræve god datakommunikation, hvis nye patientgrupper skal anvende software og sensorer i eget hjem"

En anvendelse for droner kan være levering af medicin til yderområder, ligesom blodprøver m.m. kan sendes retur med droner. Derudover kan man tænke sig at droner har en særlig rolle at spille i forbindelse med transport, f.eks. af mindre genstande ved feltarbejder. Dette kunne være ved indsamling af biologisk materiale, f.eks. blodprøver, der ofte foregår decentralt i bygder eller mindre byer, hvor tilstrækkelige laboratoriefaciliteter ikke findes. Hvis man

eksempelvis skal tage blodprøver i de fem bygder i Tasiilaq-området kræver det, som det er nu, at forskeren fysisk flyver til hver af de fem bygder, tager blodprøverne og flyver retur med dem ved næste givne lejlighed. Alternativt kan en sundhedsmedhjælper i bygden tage prøven, men forsendelse vil stadig være underlagt flyveplan, vejr. mv. Dette er tids- og omkostningskrævende og ved brug af droner med den rette rækkevidde vil blodprøverne kunne tages decentralt og sendes til hovedbyen uafhængigt af flyveplan og formentligt for betydeligt færre omkostninger.



Fodboldkamp i Ilulissat. Foto: Mary Ngo

14. Undervisning



Første skoledag i Tasillaq. Foto: Ole G. Jensen

Kvaliteten af borgernes uddannelsesniveau, som indgår i begrebet "human capital", har vist sig at være afgørende for et samfunds udviklingsmuligheder. En analyse af Islands udvikling, hvor man på godt 100 år er gået fra at være et af Europas fattigste samfund til et af de højest udviklede samfund i verden, viser, at det - udover at islændingene har forstået at udnytte naturressourcer – har været afgørende at have en god grundskole og som minimum adgang til fag-, gymnasie- og bacheloruddannelser af høj kvalitet. Samtidig har mange islændinge taget dele af deres uddannelse i udlandet og er vendt tilbage igen. Tilsvarende har Færøerne trods et lavt befolkningstal udviklet sig til et moderne samfund baseret på landets egen arbejdskraft.

Derimod er uddannelsesniveauet i Grønland – også internationalt set – lavt, også selvom der er sket løbende forbedringer. De seneste ti år er uddannelsesniveauet for Grønlands befolkning således steget, og den andel af befolkningen over 16 år, som har en uddannelse udover folkeskolen er fra 2003 til 2013 øget fra ca. 29 % til 35 %. Alligevel er det kun omkring halvdelen af en ungdomsårgang, der får en kompetencegivende uddannelse, og en stor del af eleverne, der forlader folkeskolen, er ikke rustet til at starte på og gennemføre et videre uddannelsesforløb, hvilket bl.a. viser sig ved et markant frafald på ungdomsuddannelserne.

I 2013 var 61 % af de 16-18 årige i Grønland uden for uddannelsessystemet, hvilket internationalt set er meget højt, og det lave uddannelsesniveau afspejler sig også på arbejdsmarkedet, hvor ca. 85 % af de ledige ikke har en uddannelse udover folkeskolen.

Udfordringen med at forbedre uddannelsesniveaue i Grønland adskiller sig i øvrigt ikke fra tilsvarende samfund i Alaska, Nunavut og Rusland, hvor problemerne også her forstærkes af den spredte befolkning og de store geografiske afstande. Her er fjernundervisning en oplagt mulighed, men som i dag er begrænset af at internethastigheden mange steder er så lav, at man ikke kan føre en videosamtale, og hvor satellitforbindelser samtidig er meget kostbare.

Fjernundervisning har været anvendt i årtier i en række lande, hvor man har villet give undervisningstilbud til befolkningen afsides liggende egne, og har også i mindre omfang været anvendt på afsidesliggende danske skoler med få elever, f.eks. på danske småøer. I områder hvor den terrestriske telekommunikation samtidig var dårligt udviklet, har fjernundervisning via satellit fået en større udbredelse bl.a. i Indien, Kina og Rusland, hvilket også er en oplagt mulighed for Arktis. Rusland har helt tilbage fra Sovjettiden en lang tradition for fjernundervisning (som dog også har været kritiseret for at være af lav kvalitet) og fjernundervisning indgår som en del af Ruslands arktiske strategi.

Siden midten af 1990'erne har der derfor også været en række forsøg med fjernundervisning i Grønland, bl.a. i folkeskolen. F.eks. har Sermersooq Kommune siden 2010 etableret skolegang for børnene i bygden Kapisillit ved fjernundervisning fra Nuuk. Tilsvarende er f.eks.



Studenter på Suðuroy. Foto: Erik Christensen

sygeplejerskestuderende i Nuuk blevet undervist i udvalgte fag af undervisere, der befinder sig i Danmark.

Et andet eksempel er sprogcenteret i Sisimiut, hvor kurserne typisk varer et par uger. Udover at transportomkostningerne er høje, har det også været et problem for flere deltagere at forlade job eller familie i længere tid, og centeret har derfor i en årrække tilbudt fjernundervisning til sine elever. Det er således i flere tilfælde muligt at følge en uddannelse samtidig med at man deltager i sin families dagligdag, hvor en af de historier, der har været omtalt er en ægtefælle til en fanger i Qaanaaq, som bruger fjernundervisning i sin uddannelse som jordemoder.

Ideelt set ville f.eks. Siriuspatruljen også gerne kunne undervises af dyrlæger i Danmark i at behandle sygdomme og skader på slædehundene, men internetforbindelsen har ikke vist sig tilstrækkelig til dette, hvorfor en del af undervisningen derfor må foregå via udleverede dvd'er. Efteruddannelse af lærere via fjernundervisning er et andet oplagt område, som f.eks. har været brugt i Nunavut, hvor det har vist sig, at mange lærere har foretrukket at forelade undervisningssektoren til fordel for stillinger i administrationen, hvilket har presset folkeskolerne yderligere. Erfaringerne fra Nunavut har i øvrigt også vist, at selvom der er sket en stor udvikling af webbaserede e-læringsteknologier, har en begrænsning (og en kilde til frustration) været ustabile og langsomme internetforbindelser.

Fjernundervisning er relevant på alle undervisningsniveauer fra folkeskole til universitetet og et område, hvor adgang til hurtig bredbåndsforbindelse via satellit kan have en stor betydning. Ilisimatusarfik har da også som en af sine målsætninger at styrke fokus på anvendeligheden og brugen af fjernundervisning, ligesom fjernundervisning også indgår i Færøernes strategi for Arktis, og efterhånden tilbyder næste alle universiteter forskellige former for fjernundervisning. Selvom fjernundervisning generelt betragtes som et redskab til at bidrage til at forbedre befolkningens levevilkår og den økonomiske vækst i afsides liggende områder, stiller det også krav til deltagerne, og der vil være behov for at tage hensyn til de særlige forhold i Arktis. Erfaringer fra Canada og Australien viser således, at modtagerne af fjernundervisning i disse områder ofte savner de basale færdigheder, der sætter dem i stand til at udnytte mulighederne, samt generelt mangler en kultur, der lægger vægt på formel læring. I disse tilfælde kan fjernundervisning dog stadig ses som et supplement til undervisning på stedet.

"Fjernundervisning er relevant på alle undervisningsniveauer fra folkeskole til universitetet og et område, hvor adgang til hurtig bredbåndsforbindelse via satellit kan have en stor betydning"



Køreskole i Nuuk. Foto: Jens Olaf Pepke Pedersen

15. Forskning



Måling af istykkelse udenfor Qaanaaq. Foto: René Forsberg

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 vil anvendelse af droner være relevant i overvågning af dyrelivet i Arktis. På Færøerne foretages 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 et væsentligt aspekt ved at råde over egne data opsamlet med satellit- og/eller droner i Arktis er at dette kan bruges som en

"På Færøerne foretages systematiske og kostbare optællinger af fugle og hvaler med mange års mellemrum, men med droner ville man kunne følge antallet gennem ynglesæsonerne"

adgangsbillet til deltagelse i internationale samarbejder. Det er også fremhævet, at udbyggede satellitprojekter både i Grønland og på Færøerne vil kunne fungere som en løftestang for en generel øget interesse for naturvidenskab, herunder som en del af et grundlag for opbygning af en naturvidenskabelig masteruddannelse på universitetsniveau.

3D geologisk kortlægning med brug af droner med fotogrammetri og LiDAR er særligt relevant inden for GEUS' multiklientstudier i de sedimentære bassiner i Nord- og Nordøstgrønland. De sedimentære lag findes blotlagt i flere tusinde km bjergsider. Ofte findes lagene særdeles velblottede i utilgængelige og nær vertikale bjergsider, hvor brugen af droner kan indsamle et væld af data, der kan bruges til udarbejdelse af detaljerede 3D modeller af geologiske formationer f.eks. til reservoiranalogistuder.

GEUS' er i en indledende fase med udvælgelse af udstyr og testområder til mulige kommende projekter i Jameson Land i Østgrønland, der omfatter brug af både "fixed wing" droner og helikopterdroner med fotogrammetri. Fotogrammetri kan desuden bruges til glaciologiske undersøgelser af f.eks. isoverflader, glaciøse søer og smeltevandskanaler. Helikopter-type droner er særligt interessante, da de kan lande, så målinger kan udføres på jorden.

Gravimetrisk kortlægning fra luften og elektromagnetiske metoder er meget brugbare til at kortlægge undergrunden, hvilket er interessant for prospektering, og vil også kunne udføres fra større droner. Droner med LiDAR eksisterer allerede og giver meget præcise højdemålinger, der er interessante for geologisk overfladekortlægning i samspil med fotogrammetri. LiDAR er også interessant for glaciologi.

Nogle af de forskningsbehov, der kunne løses eller forbedres med satellitter og droner er registrering af temperaturer i studier af alger, registrering af isens bevægelser, registrering af frontområder, overfladeovervågning og lokalisering af fiskebestande. Forskerne vil gerne kunne foretage disse målinger på dagsbasis og suppleret med prøveindsamling til lands og til vands. Generelt er der behov for at kunne måle en tidsmæssig dynamik i real eller næsten real tid.

Der er stigende international interesse for forskningsaktiviteter i Arktis, og Uddannelses- og Forskningsministeriet ventes senere i 2016 at fremlægge en dansk strategi for forskning, uddannelse og innovation i Arktis. I Taksøe-Jensen-rapporten er en af anbefalingerne, at man - inspireret af internationale forskningscentre på Svalbard og i New Zealand -, undersøger mulighederne for at etablere en forskningshub i Grønland. En sådan facilitet vil gavne den lokale økonomi og beskæftigelse, men forudsætter også gode kommunikationsfaciliteter.



Den russiske isbryder 50 Let Pobedy nord for Grønland. Foto: René Forsberg

16. Navigation



MS Disko II nær Sissimiut. Foto: Erik Christensen

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-satelliternes 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 område, er disse modeller ikke tilstrækkeligt gode.

Ved en større solstorm er det Arktiske område særligt udsat, men omvendt gør den decentrale opbygning af f.eks. el- og vandforsyningen samfundene mere robuste. Det vil dog være en fordel ikke at gøre sig ensidigt afhængig af GPS-modtagelse i tilfælde af et svigt i satellitsystemerne.

Fremover vil det øgede antal GPS-satellitter samt internationale overvågningsprogrammer for rumvejr også medvirke til mindre sårbarhed overfor større soludbrud.

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 er endnu ikke 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

"I takt med den forventede tilbagetrækning af havisen og dermed øgede tilgængelighed af de nordlige havområder, vil der opstå et stigende behov for navigation for både fiskere og kommerciel skibstrafik"

problem som med satellitkommunikation i Arktis, at signalet fra dem derfor nemt blokeres, fordi satellitterne står meget lavt over horisonten. En alternativ måde at tilgå korrektionsdata fra GPS/WAAS og GALILEO/EGNOS er at modtage informationen over internettet.

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, og de nuværende services vist sig at være tilstrækkelige til nøjagtig positionering af opmålingsfartøjer i Baffin Bay området. De nye olie- og gasefterforskningsfelter i Nordøstgrønland ligger imidlertid længere mod nord mellem 75°N og 80°N, hvor der er behov for at kunne bestemme positioner præcist f.eks. til dynamisk positionering af borerigge og hjælpefartøjer. Her kan det også være nødvendigt at forbedre GNSS målinger med f.eks. lokale terrestriske referencestationer.

I takt med den forventede tilbagetrækning af havisen og dermed øgede tilgængelighed af de nordlige havområder, vil der 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.

17. Kortlægning



Søopmålingsfartøjet SKA-12 i Grønland. Foto: SOK

En opdatering og ensartning af kortgrundlaget for Grønland efterlyses af både erhvervsliv, myndigheder og forskning, og det gælder kortgrundlaget på alle niveauer som topografisk, ortofoto, søkort og højdemodeller (DEM – "Digital elevation Models"). En god infrastruktur til kommunikation er også vigtig for kortlægningen, da der er brug for at overføre store mængder data. Samtidig er en god kommunikationsinfrastruktur også en forudsætning for at samfundet kan udnytte værdien af en digitalisering af kortmaterialet.

Danmark deltager sammen med andre arktiske nationer i Arctic Spatial Data Infrastructure (Arctic SDI) programmet, som har til formål at give adgang til og dele geodata fra mange forskellige kilder på en effektiv og fleksibel måde (29). Initiativet har bl.a. ført til en fælles arktisk geoportal (geoportal.arctic-sdi.org).

Positioneringsmæssigt har man opnået meget høj nøjagtighed i de seneste år, men problemet er opmåling, hvor det nuværende kortmateriale kan afvige op mod 500 m fra GPS-positioner. Det giver problemer ved sejlads tæt på land og smallscale-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. Endelig kan kvotesystemet på fiskeriet gøre det nødvendigt for trawlere at fiske i nye farvande for at udforske nye forekomster.

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 databearbejdning. Der er ønske om at lave såvel en generel opmåling af terrænet som kortlægninger i forhold til specifikke opgaver, f.eks. 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.

Geodatastyrelsen er ansvarlig for produktionen af søkort, og opmålingen udføres af Forsvaret, som har to autoriserede opmålingsskibe. Proceduren fra opmåling til færdigt kort har typisk varet 4-6 år, men i 2009 blev der indgået en samarbejdsaftale mellem Miljøministeriet og Grønlands Selvstyre, der fastlagde, at der skal etableres genoprettede og digitaliserede søkort over Sydvestgrønland inden udgangen af 2018. Det var en prioritering, idet sydvestkysten er den mest besejlede og tættest befolkede del af Grønland.

"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."

Udflytningen af Geodatastyrelsen til Aalborg i 2016 vil imidlertid forsinke søkortproduktionen, idet næsten alle medarbejdere, som arbejdede med grønlandske søkort i styrelsen, valgte at forlade deres stillinger med et stort videnstab til følge. Produktion af søkort kræver helt specifikke kompetencer, og det tager lang tid at oplære nye medarbejdere, da det primært sker ved sidemandsoplæring.

Flere aktører påpeger, at en løsning, der kan afhjælpe situationen, kunne være at inddrage data i en form for "crowdsourcing" / "big data", hvor data indsamles f.eks. 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, men på grund af den lave sigtbarhed, vil det være svært at benytte samme teknik i Grønland.

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 f.eks. 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. De gamle søkort over Grønland blev fremstillet på et tidspunkt, hvor der ikke fandtes gode modeller for kortlægning i Grønland, og selvom kortene har god relativ nøjagtighed, kan de ikke bruges til GPS-navigation, da de ikke er positioneret korrekt i forhold til GPS-systemet. Indtil der er produceret nye søkort

over områderne, er det derfor nødvendigt at bruge de gamle søkort og traditionelle navigationsteknikker.

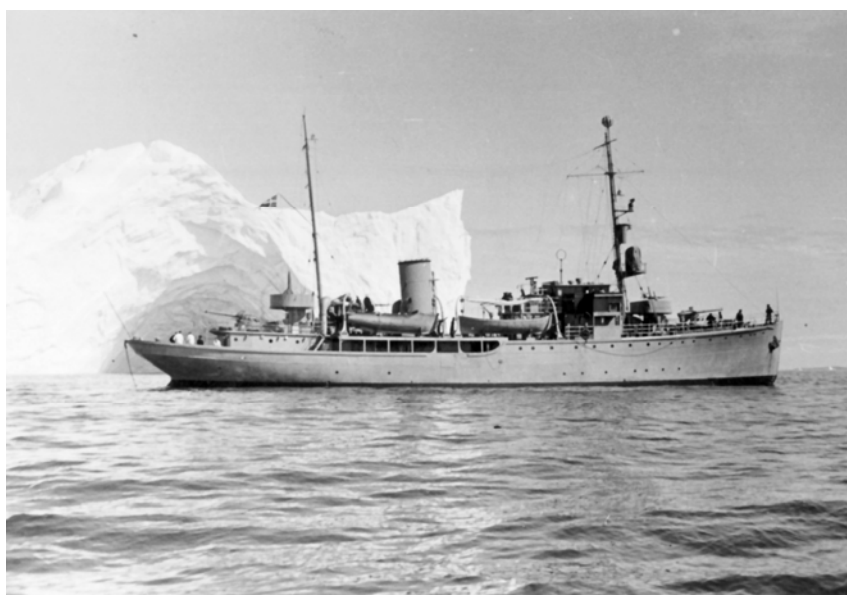
NUNAGIS (dk.nunagis.gl) er udviklet som en samlet platform for grønlandske geodata, GIS produkter og andre data (f.eks. vejrudsigter). Der er dog behov for flere ressourcer, hvis systemet skal udvikles og opgraderes.

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 f.eks. har Asiaq anskaffet sig en drone (eBee), som man vil 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 foregå 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 stenscred og dermed som projekteringsredskab ved nybyggeri.

De arktiske forhold med voldsomt vejr, især kraftige vinde, er en udfordring for dronerne, og der er behov for et egnet testområde for droner konstrueret til arktiske forhold. 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.



Opmålingsskibet Hejmdal i Grønland. Historisk foto fra Forsvarets mediearkiv.

18. Politi



Politistationen i Nuuk. Foto: Jens Olaf Pepke Pedersen

Grønlands og Færøernes politi er begge selvstændige politikredse, der som de danske politikredse er underlagt Justitsministeriet. Begge steder vil droner, som indsættes til brug for overvågning, have oplagte multiuse-anvendelser. Den civile anvendelse kan for eksempel være overvågning af jagt, hvilket er en enorm opgave i Grønland, da der kun er ganske få jagtbetjente i hvert distrikt, der således ofte har et meget stort område, som de skal overvåge - typisk fra små motorbåde, hvor det kan tage meget lang tid at nå frem. 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 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.

19. Forsvaret



Inspektionsfartøjet Ejnar Mikkelsen mellem isbjerge. Foto: Troels Sundwall, Søværnet

Det danske Forsvar har lang erfaring med at løse opgaver i Rigsfællesskabets del af Arktis, som kan føres tilbage til Hans Egedes tid, da man udstationerede soldater for at beskytte mod plyndringer fra udenlandske hvalfangere. Siden slutningen af 1700-tallet har Forsvaret også deltaget i udforskningen af Grønland bl.a. med opmåling og tegning af landkort og søkort, og fra 1930-erne også med luftfotografering.

Forsvarets aktiviteter i Arktis ledes i dag fra Arktisk Kommando i Nuuk med et mindre forbindelseselement i Tórshavn og ved Thule Air Base. Derudover råder man over enheder i Kangerlussauq (Luftgruppe Vest), Station Nord, Mestersvig, Siriuspatruljen i Daneborg samt på Flyvestation Aalborg (Uddannelses- og vedligeholdelsessektion).

Arktisk Kommando har rådighed over en række af Forsvarets skibe og typisk er der konstant to inspektionsskibe af Thetis-klassen samt et eller to inspektionsartøjer af Knud Rasmussen-klassen til rådighed, der alle er konstrueret til at sejle i Arktis. Derudover råder man over en ældre inspektionsskutter, som forventes erstattet af et tredje skib af Knud Rasmussen-klassen i 2017.

Skibene i Thetis-klassen har en helikopter af typen Lynx om bord, der er ved at blive udskiftet med nye helikoptere af typen Seahawk, som har væsentlig større rækkevidde og er udstyret med flere sensorer. Skibene i Knud Rasmussen-klassen har helikopterplatform, men ingen hangar og derfor ingen fast helikopter om bord.

Luftgruppe Vest råder periodevist over et af flyvevåbenets Challenger-fly eller et Hercules-fly, mens Siriuspatruljen råder over ca. 12 mand og varetager suverænitetshævdelse og politimyndighed i hele Nordøstgrønland. Patruljerne planlægges, så det kystnære

operationsområde dækkes i løbet af fem år, og der kan således gå fem år mellem et kystområde afpatruljeres.

Grundlaget for Rigsfællesskabets strategi for Arktis 2011-2020 er, at udfordringerne i Arktis skal forvaltes på basis af internationale retsprincipper for at sikre et fredeligt, sikkert og samarbejdende Arktis (30). Den sikkerhedspolitiske tilgang til Arktis tager derfor udgangspunkt i en overordnet målsætning om at forebygge konflikter og undgå militarisering af Arktis. Selv om Arktis er en region præget af fred og samarbejde kan internationale konflikter imidlertid få en afsmittende effekt på Arktis, ligesom klimaændringer og en række forhold, der alle udspringer af den øgede internationale interesse for Arktis, betyder, at Forsvaret må forventes at løse flere opgaver i Arktis. Den nylige udenrigspolitiske- og sikkerhedspolitiske udredning (Taksøe-Jensen-rapporten) har også anbefalet et markant øget fokus på Arktis (4).

Rigsfællesskabet har også selv øgede interesser i Arktis, bl.a. i forbindelse med de danske krav på dele af havbunden i Det arktiske Ocean, og den øgede aktivitet i Arktis vil også øge Forsvarets civile opgaver indenfor f.eks. eftersøgning, redning, fiskerinspektion og miljøbeskyttelse. Generelt er der derfor et stort behov for at øge Forsvarets muligheder for "domain awareness", hvor man har et aktuelt overblik over situationen i Arktis. Løbende overvågning er også en forudsætning for at kunne opdage ændringer i normalbilledet.

Som en del af det nuværende forsvarsforlig ("Aftale på Forsvarsområdet 2013-2017"), er der gennemført en omfattende analyse af Forsvarets fremtidige opgaveløsning i Arktis, som blev offentliggjort i juni 2016 (3).

Både Forsvarets nuværende og fremtidige operationer kan have glæde af en udbygget satellit- og droneinfrastruktur, hvor en række af Forsvarets behov er sammenfaldende med civilsamfundets behov indenfor kommunikation, overvågning, navigation og kortlægning.

En øget anvendelse af en sådan infrastruktur kan betragtes som en proces, hvor satellitter udgør grundstrukturen, som løbende udbygges, bl.a. med droner, der har et betydeligt potentiale især i forbindelse med den fremtidige udvikling af lette sensorer.

"Både Forsvarets nuværende og fremtidige operationer kan have glæde af en udbygget rumbaseret infrastruktur, hvor en række af Forsvarets behov er sammenfaldende med civilsamfundets behov indenfor kommunikation, overvågning, navigation og kortlægning"

19.1 Kommunikation

For Forsvaret er der således også store områder i Arktis, hvor muligheden for kommunikation er begrænset, og generelt må Forsvaret forventes at få brug for en bedre kommunikationsplatform i forbindelse med en udvidet opgaveløsning i Arktis. Om sommeren har Arktisk Kommando f.eks. regelmæssigt fartøjer nord for 81°N, hvor der er stor mangel på kommunikationskapacitet.

Forsvaret har mulighed for at øge anvendelsen af eksisterende satellitbaserede bredbåndsforbindelser, primært det militære Wideband Global SATCOM (WGS) system (der dog har de samme begrænsninger som andre geostationære satellitsystemer, dvs. at længere nordpå end ca. 75°N er dækningen vanskelig og ustabil), men man kan også vælge at benytte kommercielle bredbåndsforbindelser. Fra Arktisk Kommando i Nuuk er der i øvrigt HF radioforbindelser til Station Nord, Thule, og Danmark.

Der er således også oplagte multiuse-anvendelser i forbindelse med udbygning af satellitbaserede bredbåndsforbindelser. Her kan man også overveje en mere langsigtet løsning

med satellitter i polare Molniyabaner, som har været anvendt i Rusland siden Sovjettiden for at dække Arktis og det russiske landområde. Siden 2006 har Rusland opsendt en ny generation af ialt syv kommunikationssatellitter i Molniyabaner (hvoraf to ikke nåede den planlagte bane), senest blev Meridian-7 opsendt i 2014. For nylig har det russiske forsvarsministerium bestilt yderligere fire Meridian-satellitter, hvoraf den første vil blive opsendt i 2018 (30).

Droner kan finde anvendelse som en ekstra kommunikationsplatform, hvilket kan være værdifuldt i forbindelse med eftersøgnings- og redningsopgaver, hvor der har været eksempler på, at man har været nødt til at positionere et skib til denne type opgave.



Inspektionsskibet Hvidbjørnen ved kaj i Tórshavn. Foto: Jens Olaf Pepke Pedersen

19.2 Overvågning

Forsvaret har som nævnt et grundlæggende behov for et kontinuert og opdateret situationsbillede for Arktis, hvor Forsvaret kan få glæde af øget anvendelse af satellitbaserede observationssystemer. Satellitsystemerne kan dække store områder og dermed give et situationsbillede både for havet og landområdet, og radarsatellitter giver også billeder uafhængigt af vejr og sollys. Til gengæld er systemerne ikke fleksible eller i stand til med kort varsel overvåge et bestemt område. Det vil derfor typisk være nødvendigt at kombinere satellitovervågning med andre enheder som fly eller skibe, og her kan droner igen finde anvendelse som et supplement til satellitovervågning, idet dronen f.eks. kan undersøge og identificere objekter eller aktiviteter, som er observeret fra satellit. Nye muligheder er også at benytte luftballoner som kommunikationsrelay og som sensorplatform over et givent operationsområde, hvilket kan være særlig relevant i Arktis. Forsvaret har derudover en række behov, som er sammenfaldende med de civile behov for f.eks. iskort og meteorologiske data.

Effektiv udnyttelse af satellitdata forudsætter dog også, at der er gode kommunikationsfaciliteter, så data kan deles mellem de relevante enheder. Dette behov vil også øges i takt med at f.eks. fly og droner udstyres med flere sensorer, som skal transmittere data.

19.3 Navigation og kortlægning

Forsvaret og civilsamfundet har begge behov for navigation og forbedrede søkort, som må vurderes til at være sammenfaldende, og hvor der derfor også er gode multiuseaspekter mellem Forsvaret, civile myndigheder og erhvervsinteresser.

19.4 Samarbejde mellem Forsvaret og civile interessenter

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. med en 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 kontaktflade 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. For at øge koordineringen er der oprettet en internetportal, Isaaffik Arctic Gateway, hvor der kan ske en udveksling af informationer omkring forskernes behov for støtte samt Forsvarets muligheder for støtte.

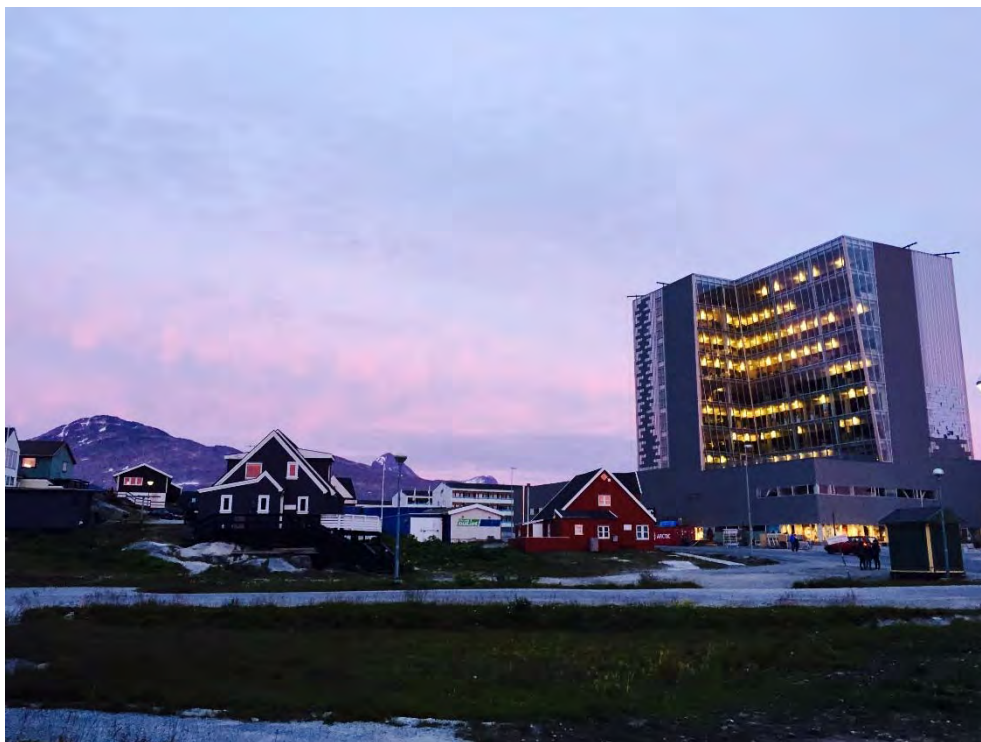
Det skal nævnes, at de kommercielle aktører også bidrager til forskningsaktiviteter bl.a. ved at dele data med relevante forskningsinstitutioner og ved at stille plads til rådighed på skibe for forskningspersonale.

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



Kongeskibet Dannebrog ved kaj i Vágur. Foto: Erik Christensen

20. Cybersikkerhed



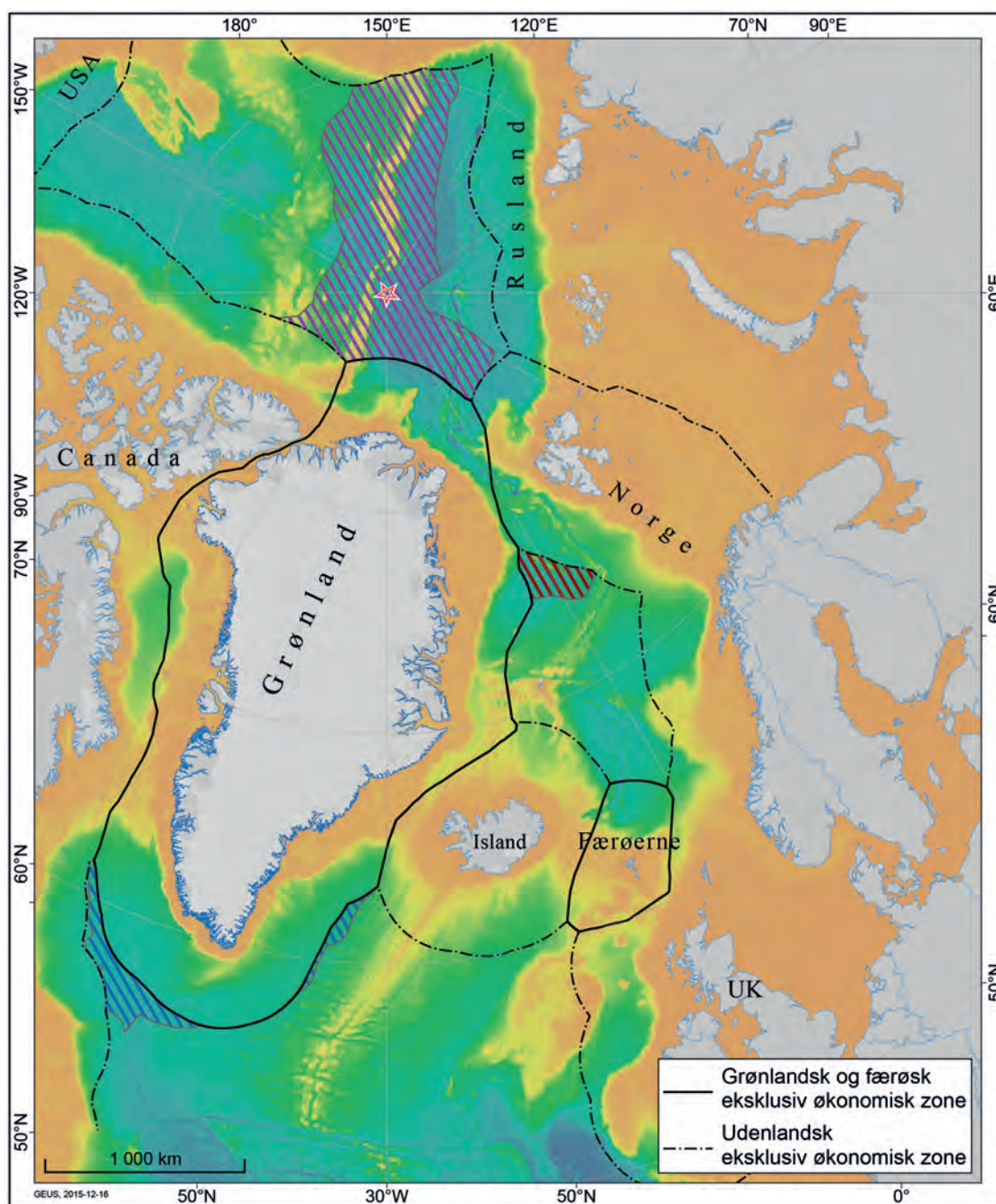
Selvstyrets centraladministration ("Selvstyretårnet") i Nuuk. Foto: Mary Ngo

Med øget brug af kommunikation og digitalisering er der store muligheder for hurtig udveksling af viden og serviceydelser, men også for misbrug. Omfanget af cybertrusler stiger fortsat i og mod den vestlige verden og dermed også mod Rigsfællesskabet. Samtidig gør den teknologiske udvikling, at truslerne er i konstant forandring, hvilket stiller store krav til vedholdende sikkerhedsforanstaltninger og beredskab (31).

Truslen fra cyberspionage mod danske myndigheder og virksomheder vurderes til at være meget høj og det er meget sandsynligt, at flere danske myndigheder og virksomheder er prioriterede mål for statslige og statsstøttede grupper, og at denne udvikling vil fortsætte. Fremmede stater går således målrettet efter danske myndigheder i forsøg på at indhente informationer om bl.a. danske udenrigs- og sikkerhedspolitiske forhold f.eks. i forbindelse med internationale forhandlinger og samarbejder. Med et øget internationalt fokus på Arktis og potentielle konflikter med Rusland omkring grænsedragningen vil cybersikkerhed også være af høj prioritet i Grønland og på Færøerne. Det samme gør sig gældende i forbindelse med Kinas forsøg på at øge sin indflydelse i Arktis og kinesiske virksomheders evt. investeringer i minedrift i Grønland, hvor der er forbindelser mellem kinesiske råstofvirksomheder og det politiske system i Kina (32).

Hensynet til cybersikkerhed kan også være en begrænsning i multiuseanvendelser, idet det kan være nødvendigt med fysisk separerede netværk. I satellitsegmentet vil det være nødvendigt at tage særlige modforholdsregler mod jamming.

Danmark har en national strategi for cyber- og informationssikkerhed, der er under implementering, men det er et konstant behov for at styrke området og en ny national strategi forventes udarbejdet i 2017-18.



De danske krav på kontinentalsoklen udfor Grønland. Grafik: Willy Weng

21. Arktisk nedtagestation



SvalSat - Svalbard Satellite Station. Foto: ESA

Der findes nedtagestationer for satellitdata i Kangerlussuaq, på Svalbard og i Gander, Newfoundland, og i forbindelse med øget brug af satellitdata kan det være meget relevant at etablere en nedtagestation i det nordlige Grønland, f.eks. ved Thule Air Base, således at de forskellige satellitdata kan nedtages og være til rådighed i så tæt på realtid som muligt. En placering på Thule Air Base vil være unik for alle polære satellitter for 24/7 datanedtagning. Derfor vil en sådan station også have et stort kommercielt potentiale. For de data, der ikke anvendes på stedet, vil det dog herefter være nødvendigt, at der er kapacitet til at videresende datamængderne til slutbrugerne, og en alternativ placering vil derfor være i tilknytning til det forlængede søkabel eller i Nuuk.

"I forbindelse med øget brug af satellitdata kan det være meget relevant at etablere en nedtagestation i det nordlige Grønland"

Taksøe-Jensen-rapporten anbefaler, at Forsvaret øger sin overvågning i Arktis, og i den forbindelse anbefaler han, at mulighederne for at etablere en nedtagestation i Grønland undersøges. Her nævnes, at det både vil give Forsvaret et mere opdateret situationsbillede samt give bedre muligheder for at udveksle data med andre lande.

22. Konklusion

Menneskets fantastiske evne til at tilpasse sig sine omgivelser har betydet, at mennesker gennem tiderne har kunnet bosætte sig i store dele af Arktis og udnytte sin opfindsomhed til at skaffe sig mad og klæder fra de muligheder, som de ekstreme omgivelser trods alt bød på. I dag, hvor forventningen ikke blot er at overleve, men også at leve i en moderne velfærdsstat, stiller det de arktiske samfund overfor yderligere udfordringer, fordi samfundets indtægter skal skabes under vanskeligere vilkår, samtidig med at udgifterne til at opretholde samfundets funktioner vil være større i forhold til steder, hvor omgivelserne er mere gunstige.

De arktiske samfund vil samtidig blive en mere integreret del af den globale økonomi med de muligheder og udfordringer, som det medfører, ligesom klimaforandringer vil ændre traditionelle erhverv og samtidig skabe grobund for nye.

Også i dag vil mennesket få glæde af sin tilpasningsevne og opfindsomhed til at udvikle nye teknologier, og i denne rapport er der påpeget en række områder, hvor de arktiske samfund kan drage fordel af de muligheder, som satellitter og droner tilbyder. Den sparsomme befolkning betyder imidlertid, at etableringen af en infrastruktur, der omfatter satellitter og droner, ikke kan ske alene på kommercielle vilkår, men vil forudsætte løsninger, der kan finansieres i et offentligt/privat partnerskab.

Denne rapport peger på, at en satellit- og droneinfrastruktur kan understøtte både Forsvaret og andre myndigheder samt det civile samfund indenfor en lang række områder. Investeringer i en satellit- og dronebaseret infrastruktur i Arktis skal derfor ikke blot ses som et bidrag til at løse nogle af Rigsfællesskabets nuværende opgaver i Arktis, men også som en investering i en økonomisk og samfundsmæssig udvikling i denne del af Rigsfællesskabet.

Her kan Rigsfællesskabet drage fordel af, at der allerede eksisterer et stort antal satellitter, der dækker Arktis og som anvendes til kommercielle eller forskningsmæssige formål, eller som en del af operationelle programmer. Flere opsendelser er planlagt i det nærmeste tiår og i kraft af sit medlemskab af Det europæiske Rumagentur ESA har Danmark allerede adgang til mange af de data, som opsamles af jordobservationssatellitter.

Både af økonomiske og sikkerhedsmæssige hensyn giver det imidlertid mening at undersøge, om Danmark alene eller i samarbejde med andre lande skal etablere satellittersystemer i Arktis. 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.

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. DTU deltager her i samarbejde med en dansk virksomhed i test og udvikling af en ny satellit til Forsvaret, som ventes klar til opsendelse i 2017 og som kan opfange positionssignaler fra skibe og fly.

Et lidt større småsatellitsystem (op til 200 kg), eventuelt i samarbejde med andre lande, vil kunne give en robust dækning af hele Arktis med bredbånd, hvor investeringen også kan give kommerciel mening i et offentligt-privat partnerskab.

23. Andre arktiske nationers målsætninger og aktiviteter



Russiske soldater i Arktis. Foto: Det Russiske Forsvarsministerium

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.

Arktis er hjemsted for betydelige råstofressourcer og de store økonomiske interesser, der knytter sig hertil kan både betragtes som en potentiel konfliktmulighed, men også som en stabiliserende faktor, idet udnyttelsen af ressourcerne kræver store investeringer og dermed stabilitet i området. Indtil nu har Arktis været et område præget af samarbejde og lav militær spænding, men der er en risiko for, at konflikter andre steder i Verden kan få en afsmittende effekt i Arktis. Samtidig har både Danmark og Rusland fremsat krav om en udvidelse af deres kontinentalsokkel i Arktis, hvor der er et stort overlap mellem de områder, som de to lande gør krav på, hvilket kan være en potentiel kilde til fremtidige konflikter.

Grundlanget for Danmarks politik i Arktis er Kongerigets Arktiske Strategi, der har en overordnet målsætning om at styrke landets position som en aktør i Arktis samt forebygge konflikter, undgå militarisering af Arktis, og aktivt at medvirke til at bevare Arktis som en region præget af tillid, samarbejde og partnerskaber til fælles gavn (33).

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 i en årrække haft Arktis som en høj prioritet i landets udenrigs- og sikkerhedspolitik og 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 langt den største kystlinje mod det Arktiske Ocean og har således allerede en eksklusiv økonomisk zone, der dækker store dele af området. Samtidig er Rusland i en god udgangsposition i en kommende udvikling af Arktis i form af havne og mange isbrydere. Rusland har desuden udvist stor interesse for at genetablere mange af landets positioner i Arktis, f.eks. baser langs den russiske kyststrækning, som blev opgivet efter afslutningen på den kolde krig, bl.a. for at kontrollere Nordøstpassagen og beskytte Ruslands nordlige områder mod militære trusler.

Arktis har stor betydning for den russiske selvforståelse, og Rusland ser sig selv som den førende polarmagt. Rusland har også store økonomiske interesser i bl.a. råstofudvinding fra de arktiske områder, hvor landet dog har behov for både investeringer og for teknologisk støtte.

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, ligesom Arktis har været en lav prioritet for NATO.

Alle arktiske stater har behov for at øge deres tilstedeværelse i Arktis, både for at kunne håndhæve deres suverænitæt, men også som følge af den stigende civile aktivitet, og de har alle identificeret store mangler i telekommunikation og overvågning i Arktis. På nær Danmark har alle arktiske kyststater (USA, Rusland, Canada og Norge) aktive satellitprogrammer.



Den norske fregat Helge Ingstad ved Svalbard. Foto: Marthe Brendefur / Det norske Forsvar

24. Bidragsydere til rapporten

Der afholdt møder med eller modtaget bidrag fra interessenter i Danmark, Grønland og Færøerne samt udenlandske eksperter, herunder Air Greenland, Atlantic Airways, Asiaq, Beredskabsstyrelsen, Blue Water Shipping, Comby, Danmarks Meteorologiske Institut, Færøernes Naturhistoriske Museum, Færøernes Politi, Færøernes Universitet, Geodatastyrelsen, Grønlands Arbejdsgiverforening, GEUS, Grønlands Fiskerilicenskontrol, Grønlands Naturinstitut, Havstovan, Industriens Hus på Færøerne, Inu:it, Inuit Circumpolar Council – Greenland, Inuplan, Maersk Oil, NunaOil, Royal Arctic Line, Royal Greenland, Space Norway, Statens Seruminstitut, Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, TELE-POST, Terma, Thalesgroup, Trafik- og Byggestyrelsen og Vørn samt administrationen i Grønlands selvstyre og i Færøernes landsstyre.

25. Workshops

Der er endvidere afholdt to workshops på DTU for hhv. erhvervsinteresser og forskere.

I workshopen for forskere (bilag A) deltog repræsentanter for Center for Macroecology, Evolution, and Climate (KU), CBS, DTU Aqua, DTU Byg, DTU Compute, DTU Space, DTU Systembiologi, Forsknings- og Innovationsstyrelsen, Geodatastyrelsen og Institut for Biologi (KU).

I workshopen for erhvervsinteresser (bilag B) deltog repræsentanter for AeroConsult, Arctic Integrated Services, Censec, Cobham SATCOM, Danmarks Rederiforening, Danske Maritime, DHI-Gras, FORCE Technology, Glaucus, Golder Associates, Integra Aerial Services, Jorgen Sandberg Consulting, Radiolab, Navicon og Viking Supply Ships.

Endvidere er der afholdt en række møder i form af 'imagineering' workshops på DTU Space omkring det fremtidige infrastrukturbehov på kommunikationsområdet i hele det nordlige polarområde, inklusive Det arktiske Ocean. Rapporten fra disse møder er gengivet i bilag C.

26. Bilag A – Workshop for forskere

Workshop om Multiuse af en Space Infrastruktur i Arktis



**DTU, lok. S09, Anker Engelunds Vej 1, 2800 Kgs. Lyngby,
onsdag den 2. september 2015 kl. 12.30-16.00**

Program

- Kl. 12.30 Sandwich i forhallen udenfor S09.*
- Kl. 13.00 Velkomst og baggrund for workshoppen v/Niels Andersen, leder af Polar DTU og
direktionsmedlem på Space med særligt ansvar for erhverv og myndighed*
- Kl. 13.15 Kortlægning, infrastruktur og suverænitæt i Arktis, v/Jeppe Strandsbjerg, lektor på
Copenhagen Business School*
- Kl. 14.00 Status over projektet med multiuse af en rumbaseret infrastruktur i Arktis, v/Jens Olaf Pepke
Pedersen, seniorforsker på DTU Space*
- Kl. 14.30 Workshop om anvendelse af satellitter og droner i Arktis. Workshoppen faciliteres af Polar
DTU.*
- Kl. 15.45-16.00 Opsamling og afslutning*



Deltagerliste

<i>Navn</i>	<i>Institution</i>	<i>E-mail</i>
Birgitte Andersen	DTU Systembiologi	ba@bio.dtu.dk
Ole Baltazar Andersen	DTU Space	oa@space.dtu.dk
Niels Andersen	DTU Space	na@space.dtu.dk
Arne Døssing Andreassen	DTU Space	ards@space.dtu.dk
Michael K Borregaard	Center for Macroecology, Evolution, and Climate (CMEC), KU	mkborregaard@snm.ku.dk
Per Høeg	DTU Space	hoeg@space.dtu.dk
Niels Kroer	Department of Biology, KU	nk@bio.ku.dk
Morten Andreas Dahl Larsen	DTU Management	madla@dtu.dk
Sabina Askholm Larsen	DTU Space	sal@space.dtu.dk
Babak Naim	Center for Macroecology, Evolution, and Climate (CMEC)	KU babak.naimi@snm.ku.dk
Allan Aasbjerg Nielsen	DTU Compute	alan@dtu.dk
Torkel Gissel Nielsen	DTU Aqua	tgin@aqua.dtu.dk
Merete Nørby	DTU Space	menn@dtu.dk
Jens Olaf Pepke Pedersen	DTU Space	jopp@space.dtu.dk
Kristian Pedersen	DTU Space	kp@space.dtu.dk
Gorm Kofoed Petersen	Forsknings- og Innovationsstyrelsen	gpe@fi.dk
Lars W. Pedersen	DTU Space	lawp@space.dtu.dk
Sebastian B. Simonsen	DTU Space	ssim@space.dtu.dk
Henriette Skourup	DTU Space	hsk@space.dtu.dk
Henning Skriver	DTU Space	hs@space.dtu.dk
Katinka Stenbjørn	Forsknings- og Innovationsstyrelsen	kas@fi.dk
Jeppe Strandsbjerg	CBS	js.dbp@cbs.dk
Claus Sørensen	DTU	clso@adm.dtu.dk
Hanne Thomasen	DTU Space	hthom@space.dtu.dk

27. Bilag B – Workshop for erhvervsinteresser

Workshop om Multiuse af en Space Infrastruktur i Arktis (For erhvervsinteresser)



**DTU, lok. S09, Anker Engelunds Vej 1, 2800 Kgs. Lyngby,
tirsdag den 8. september 2015 kl. 12.30-16.00**

Program

- Kl. 12.30 Sandwich i forhallen udenfor S09.*
- Kl. 13.00 Velkomst og baggrund for workshoppen v/Niels Andersen, leder af Polar DTU og direktionsmedlem på Space med særligt ansvar for erhverv og myndighed*
- Kl. 13.15 Maersk Oils aktiviteter i Grønland,, v/Carsten Sønderskov, ManagingDirector, Maersk Oil*
- Kl. 14.00 Status over projektet med multiuse af en rumbaseret infrastruktur i Arktis, v/Jens Olaf Pepke Pedersen, seniorforsker på DTU Space*
- Kl. 14.30 Workshop om anvendelse af satellitter og droner i Arktis. Workshoppen faciliteres af Polar DTU.*
- Kl. 15.45-16.00 Opsamling og afslutning*

Deltagerliste

<i>Navn</i>	<i>Institution</i>	<i>E-mail</i>
Niels Andersen	DTU Space	na@space.dtu.dk
Rasmus Eskerod Borgstrøm	DHI	rlb@dhi-gras.com
Andrew Burnett	Integra Aerial Services	abu@integra.dk
Rune Yding Brogaard	FORCE Technology	ryb@force.dk
Per Winther Christensen	Danmarks Rederiforening	pwc@shipowners.dk
Tor Hjorth-Falsted	Danske Maritime	thf@danskemaritime.dk
René Forsberg	DTU Space	rf@space.dtu.dk
Christoffer Gregers Glæsel	GLAUCUS ApS	christofferglaesel@glaucus.dk
Maria Tammelin Gleerup	DTU Space	matag@space.dtu.dk
Flemming Hansen	RadioLab	fh@radiolab.dk
Marc Hansen	Golder Associates A/S	Marc.Hansen@golder.com
Poul-Erik Hansen	CenSec	poul-erik@censec.dk
Gunvor Marie Kirkelund	DTU Byg	gunki@byg.dtu.dk
Jens Kjelsbak	Cobham SATCOM	jens.kjelsbak@cobham.com
Andreas Kjøl	Viking Supply Ships	andreas@viking-ice.com
Klaus Harnvig Krane	Arctic Integrated Services ApS	klaus.harnvig.krane@aris-ice.com
Henrik Lassen	Arctic Integrated Services ApS	
Merete Nørby	DTU Space	menn@dtu.dk
Jens Olaf Pepke Pedersen	DTU Space	jopp@space.dtu.dk
Sebastian Ravn Rasmussen	Arctic Integrated Services ApS	
Jørgen Sandberg	Jorgen Sandberg Consulting	jorgen@123sandberg.eu
Carsten Sønderkov	Maersk Oil	
Claus Sørensen	DTU	clso@adm.dtu.dk
Hanne Thomasen	DTU Space	hthom@space.dtu.dk

28. Bilag C – Future polar infrastructure, including projected communication bandwidth needs in 2025-2045

Michael Bevis, Niels Andersen, Finn Bo Madsen, Sune Nordentoft Lauritsen, Michael Linden-Vørnle, Inge Sandholt, Flemming Hansen and Jens Olaf Pepke Pedersen

This document summarizes the insights and recommendations that emerged from series of 'imagineering' exercises held at DTU Space during 2014. These meetings, which involved input from non-DTU participants on an occasional basis, were focused on the future infrastructure needs of the entire northern polar region, including the Arctic Ocean. This group of scientist and engineers, and their external advisors, was trying to anticipate the space-based infrastructure needs of the Arctic region, nominally in the time interval 2025 – 2045, and how this would relate to infrastructure and scientific, engineering, commercial and governmental activity on land, in the ocean and in the atmosphere. There is an old saying that prediction is very difficult, particularly of the future. Moreover, given the modern pace of technological innovation, and the rapid evolution of external factors such as the progressive loss of summer sea ice in the Arctic Ocean, and all the commercial implications of that development, any highly specific predictions are unlikely to be accurate. Nevertheless, if we can anticipate the general nature of future infrastructure needs, we can at least begin a staged development plan, place priorities on certain classes of investment, and consider the implications for national and international policies and collaboration. Clearly, any plan for Arctic infrastructure will be in need of constant revision and refinement. However, we need to begin this process soon to maximize the chances for success, because many future infrastructural needs will require decades to plan and implement.

28.1 Some General Principles

1. Given that governments and corporations naturally tend to invest in highly populated regions much more heavily than in lowly populated regions, and the north polar region has an extremely low average population density, investing in expensive infrastructure for the Arctic will be far more attractive if it is *multiple-use* infrastructure capable of supporting a very wide range of scientific, engineering, commercial, governmental and social needs and opportunities.

2. Even then, some very useful and highly desirable infrastructure may be so expensive that single nations, especially small nations such as Denmark, will find it impossible to construct and maintain such infrastructure unless this activity is undertaken as part of an *international collaboration*. All the countries surrounding the Arctic Ocean have some shared interests, such as trans-Arctic aviation and shipping, fishing, mineral exploration, climate change, sea level rise, etc. Indeed, some of these interests, such as the projection of future sea level rise, or possible changes in the ocean current systems, are of nearly global interest.

3. Governmental interests in the Arctic region include the interests of their military. This will complicate international promotion of a shared Arctic infrastructure. Different classes of infrastructure may be constructed and maintained by different groups of nations based on their perception of shared interests. Areas such as improved predictions and 'nowcasts' of weather, sea state, and sea ice conditions may enjoy a wider range of potential funding partners. Furthermore, many of

the functions of the modern military, such as search and rescue, are highly valued by nearly all nations. Also, some interests, such as improving communication infrastructure, will provide benefits to so many stakeholders and activities, that the one nation's concerns about the military advantages to other nations may be outweighed by the advantages that accrue to a far wider body of people and applications of direct interest to that government. We should keep in mind that major civilian participation in technologies once controlled by and restricted to the military has often provided major, unanticipated benefits to the military. The Global Positioning System (GPS) serves as a case in point. Once GPS was embraced by civilians and businesses, and it propagated into our cell phones, our transportation systems, mapping activities, the geosciences and location-based business activities, etc., the cost of sophisticated GPS devices dropped so much, and the range of applications supported by them grew so widely that the US military accrued many unanticipated advantages from the associated economies of scale. It is essential that representatives of the military are included in any long-term study of the future infrastructure needs of the greater Arctic region. Civilians and the military need to explore many issues in parallel so as not to work at cross-purposes. Both groups have particular needs and concerns, of course, but they have many needs in common too.

4. Climate change and climate science must loom large in any rational projection of future Arctic infrastructure because the great majority of scientific studies of climate change suggest that it will be more severe at high latitudes than almost anywhere else on earth. The projected disappearance or near disappearance of summer sea ice, for example, will cause major changes in shipping, open up the possibility of more extensive exploration of the sea column (e.g. for fishing or aquaculture) and the seafloor (e.g. for mineral and hydrocarbon exploration and exploitation). Arctic climate change opens the prospects of great economic opportunities but also grave environmental dangers.

28.2 Anticipating Broad Technological Trends

We suggest that certain trends in technology and infrastructural needs are relatively easy to anticipate, at least in general terms. These include:

1. Ever increasing sensing of the natural and built environments. Sensors will become far more numerous and more pervasive than at present, so as to improve the spatial resolution of our environmental awareness, and they will sense a wider range of physical, environmental and engineering variables. Sensors will be deployed *in situ* (for example within the oceanic water column, on buoys or on the ocean floor) and on remote sensing platforms, including, for example, aircraft associated with civil aviation, not just platforms devised specifically to support remote sensing activities. Some sensors will measure local *in situ* conditions, and others, such as upwards or downwards pointing LIDARs or radars may measure remote targets (e.g. ice sheet surfaces, icebergs, shipping) or even profile the atmosphere. Some sensors will be tied to actuators, so that remote sensing can lead to remote actions being taken in response to improved situational awareness. Space-based remote sensing will remain extremely important, but *in situ* sensors will become far more prevalent as data transmission infrastructures improve.

2. Ever increasing communication, both in the sense of vastly more Arctic communication bandwidth, the projection of communication capabilities much more pervasively throughout the Arctic region, including on land, on or within the ocean, and in the atmosphere. Much of this communi-

cation infrastructure will be supported from space, but there will be submarine infrastructural components too. Although voice communications will remain important, the ratio of data communications to voice transmissions will rise indefinitely and at an ever-increasing pace.

3. Rapid expansion in the use of drones, both in the sense of unmanned aerial vehicles (UAVs), but also new classes of drones such as unmanned submarine vehicles (USVs), drifting and tethered buoys, etc. The growth of USVs will be tied to improvements in energy storage technologies, propulsion systems, on-board sensors, inertial guidance technologies, and artificial intelligence. USVs may play a key role in downloading data from ocean column and ocean floor sensors via close approaches, and then bursting this information to airborne or space-based communication platforms when the drone visits the ocean surface, or when it connects to cabled seafloor communication facilities.

4. Real-time navigations system, i.e. GNSS and related technologies such as inertial guidance systems, gyros, and supporting information fields (better models of the gravity field, the geoid, the magnetic field, etc) will improve to the point that spatial position and orientation information that is now viewed as geodetic or near-geodetic grade will be available in real-time, and in locations (e.g. deep underwater) where this is not generally possible at present, at least not at reasonable cost. This not only means that individual devices will have better knowledge of their spatial setting, but, by prior arrangement or via powerful and diverse communication capabilities, they will be aware of their location relative to that of many of devices, vehicles, resources, phenomena, etc.

28.3 Communications Infrastructure

As our meetings progressed, and the more widely we imagined the future, the more we recognized and became convinced that of all future technologies and needs for the Arctic, the most important were focused on communication. Indeed, imagining future communication needs provided us with a useful conceptual vehicle for tying together and organizing all our various projections. Therefore, we decided to attempt a 'future needs' projection focused on a largely (but not entirely) space-based communication infrastructure for the polar region. It is based on the following considerations:

1. Present-day user groups operating in the Arctic (scientific and environmental, military, transportation systems, governmental agencies, etc.) often identify the lack of suitable communications systems as the single biggest constraint affecting their present, projected or much-needed/much-desired activities. Almost all such groups cite lack of suitable communication capabilities as one of their top two or three concerns.

2. When projecting 10 – 20 years ahead, it is essential to note historical patterns in the growth of information or data traffic. In the age of the 'Victorian internet', the telegraph, a single message would normally contain ~ 1 kilobyte of information, or less. Even near its peak, the global data traffic of the world's combined telegraphy systems probably amounted to less than 100 MB/day. Now a single child playing on the internet can download that much data in an hour. Coffman and Odlyzko (34) argued that *"Internet traffic is approximately doubling each year. This growth rate applies not only to the entire Internet, but to a large range of individual institutions."* Jakob Nielsen (35) contends that a high-end user's connection speed grows by 50% per year, in contrast with Moore's law, which implies that computer power grows at an annualized rate of 60%. However, even a 50% annual growth rate implies 57x growth in 10 years, or 3,325x growth in 20 years. As

Licklider (36) noted *"People tend to overestimate what can be done in one year and to underestimate what can be done in five or ten years."* It is also easy to underestimate the demands that will be exerted on communication infrastructures 10 - 20 years into the future.

3. The polar region has no *commercial* broadband or widespread communication infrastructure, because unlike most developed regions, user density and total user numbers are very low. Any broadband communication infrastructure for the Arctic region is more likely to be funded by governments on much broader grounds than commercial profitability. Even so, a consortium of interested governments is more likely to engage in such a major undertaking if the communication infrastructure is a 'multiple use' infrastructure supporting international and national governmental activities, the military, general aviation and shipping, emergency management, commercial activity (oil and gas exploration, mining, seafloor mining, fishing, etc), local populations, and scientific/environmental research and monitoring, etc.

4. The number and diversity of applications and activities that use a data communication infrastructure tends to grow as the total available bandwidth expands - the internet provides a good example. Therefore, we are trying to imagine a polar space-based 'internet' that supports the future as well as the present-day needs of the polar community. Assessing the bandwidth required 10-20 years from now, requires us to consider what new application classes might be triggered by much improved bandwidth. There is a football analogy – we should pass the ball to where the receiving player will be when it arrives, not to where that player is located right now.

5. Measurement, sensing and monitoring technologies – involving both in situ and remote sensors – constitute a very rapidly growing set of technologies supporting a diverse and rapidly growing set of applications. It is difficult to manage or adapt to an environment or a complex situation that one cannot measure or characterize quantitatively. In many contexts, measurements that cannot be communicated to interested parties and agencies in a timely fashion have greatly reduced value.

6. A large and diverse community that shares a valuable multiple use communications infrastructure is well positioned for crowd sourcing as well as crowd funding, and can probably persuade its users to contribute data in support of the wider community, perhaps in lieu of funding. For example, today many commercial aircraft measure atmospheric conditions along their flight paths, and transmit that information using the ACARS communication system to national weather services, so as to improve weather forecasts for the aviation community but also for the general population. One can imagine commercial aircraft crossing the polar region incorporating powerful (with low or moderate energy needs) sensing systems such as downwards pointed radars, LIDAR, etc., and transmitting this information for the general use of the polar community. In addition, fleets of trawlers that enjoy advanced forecasts of weather, sea state, and submarine conditions might be persuaded to upload temperature, salinity, chlorophyll concentrations and other classes of data acquired by sensors attached to their trawling gear.

7. It is widely recognized that unmanned aerial vehicles (UAVs), or airborne 'drones', will be used to collect a lot of scientific and environmental data in the future (e.g. LIDAR surveys of ice sheets or icebergs, magnetic and gravity surveys). However, it is also likely that unmanned submarine vehicles (USVs), i.e. submarine 'drones', will be very important in the Arctic in 10 or 20 years' time. In the oceanic realm, most of the interesting objects of study and many potential activities

will be focused on the seafloor or in the column of seawater, not at the surface. Given suitable data telemetry, large numbers of seafloor, tethered water column sensing stations could be used to make measurements of interest to oceanographers, climatologists, marine biologists, exploration geologists, the military, etc., but the electromagnetic skin depth in ocean water prevents direct high-speed communications between these sensors or monitoring stations and surface vessels or satellites. But USVs might visit these stations, collect their data in high speed data bursts over relatively short distances, and subsequently return to the surface to burst this information to communication satellites. USVs might also communicate measurements that they have made, e.g. measuring and mapping floating sea ice thickness from beneath, perhaps as an aid to ship trafficability studies, or studying plankton populations at the base of the marine food chain. Ships find the polar region highly inhospitable, dangerous or untrafficable during much of the year. But a USV travelling at depths of several hundred meters finds relatively little difference between the summer and winter environment. The point is that ground-based measurement stations, ocean column and seafloor measurement stations, general scientific/environmental sensing instruments on commercial aviation and shipping, USVs and UAVs could all work in concert with a satellite-based communication system to bring about completely unprecedented levels of situational awareness in all components of the Arctic system (the land, the cryosphere, the oceans, the atmosphere and even the ionosphere).

8. Many sensing systems used in the polar region to measure changing ice sheets, ocean salinity and acidity, ocean current geometry and associated heat transport, population dynamics and migrations of ocean biota such as plankton, krill or fish, and – even more obviously - polar atmospheric conditions, have important implications well beyond the geographic limits of the polar region per se. Placing many thousands of sensing stations on the land and ice, in the ocean, and on the seafloor, has major implications for our ability to understand and predict the weather, the sea state, climate cycles, climate change, the health of the marine environment, the sustainability of fishing and aquaculture, security, etc. Communication is the single biggest barrier to establishing this level of environmental, scientific, strategic and tactical awareness.

All these considerations led us to produce a spreadsheet, which forms the final part of this report, projecting the total communication bandwidth required by a future, distributed Arctic communications infrastructure:

Imagineering Exercise: A 'futuristic' assessment of total bandwidth (BW) needs for the polar region (10-20 years from now)

User category	#users	Mbytes/day	BW Mbits/s	% BW
Science/Environment – down-loading low data rate measurement stations (1)	25,000	5	11.57	0.0953
Science/Environment - medium data rate stations	2,500	500	115.74	0.9529
Science/Environment - high data rate stations	200	50,000	925.93	7.6234

User category	#users	Mbytes/day	BW Mbps/s	% BW
Communications systems for commercial and non-commercial flights over the Arctic	300	1,000	27.78	0.2287
Communications for shipping in summer	250	1,000	23.15	0.1906
Commercial aircraft uploading radar, LIDAR, imagery	100	250,000	2314.81	19.0585
Drones uploading very large datasets (e.g. high rate LIDAR)	10	1,000,000	925.93	7.6234
Ships collecting oceanographic/met data (e.g. sonar, atm LiDAR)	100	250,000	2314.81	19.0585
Unmanned Submarine Vehicles (USVs) at surface (2)	100	250,000	2314.81	19.0585
Communications for local governments and communities	2,000	1,000	185.19	1.5247
Communications for remote Arctic communities	15,000	500	694.44	5.7176
Comms for offshore industry (oil & gas, seafloor mining, etc)	50	1,000	4.63	0.0381
Telemedicine	200	1,000	18.52	0.1525
Education related	15,000	200	277.78	2.287
Emergency Operations	50	50,000	231.48	1.9059
Other Military - medium data rate applications	500	1,000	46.30	0.3812
Other Military - high data rate applications	150	50,000	694.44	5.7176
Other Military - very high data rate applications	10	1,000,000	925.93	7.6234
Broadcasting (TV, radio, navig. augmentation signals, etc.)	unlimited	1,000,000	92.59	0.7623
AVERAGE USER BANDWIDTH NEEDED	12.15 Gbits/sec		12,145.83	
Amount for non-uniformity of demand: PEAK USER BANDW.	36.44 Gbits/sec			
SYSTEM BANDWIDTH (includes error checking & recovery, etc)	45.55 Gbits/sec			

(1) e.g. GPS stations, weather stations, climate stations, buoys, tide gauges.

(2) to upload data they collected, and data collected from seafloor and water column sensors.

29. Referencer

1. *Synergipotential i satellitbaserede systemer og droner i Arktis*. København : DTU Space, 2015. ISBN 13-978-87-92477-24-8.
2. Søopmålingen kan ikke gå for hurtigt. *Sermitsiaq*. [Online] <http://sermitsiaq.ag/soeopmaalingen-kan-gaa-hurtigt>.
3. Forsvarsministeriet. *Forsvarsministeriets fremtidige opgaveløsning i Arktis*. København : s.n., Juni 2016.
4. Takesø-Jensen, Peter. *Dansk diplomati og forsvar i en brydningstid*. 2016.
5. *Grønlands Økonomi 2015*. s.l. : Økonomisk Råd, 2015.
6. *Redegørelse af 13/4 16 om rigsfællesskabet*. København : Folketinget, 2016.
7. Canada's Northern Territories Struggle with Slow, Expensive Internet. *The Worldpost*. [Online] 23. April 2016. http://www.huffingtonpost.com/entry/arctic-deeply-canada-north-internet-shortage_us_571a8d4fe4b0d0042da948ee.
8. Rigsombudsmanden på Færøerne: Beretning 2015. *STM*. [Online] http://www.stm.dk/multimedia/Beretning_2015_til_hjemmesiden.pdf.
9. Autrup, S.L. Aktuelle tendenser i Færøsk Økonomi. *Danmarks Nationalbank, Kvartalsoversigt, 3. kvartal 2015*. 2015.
10. Udvalget for samfundsgavnlig udnyttelse af Grønlands naturressourcer, Grønlands Universitet og Københavns Universitet. *Til gavn for Grønland*. 2014.
11. Chinese firm unlikely to develop \$2 bln Greenland iron ore mine soon. *Reuters*. [Online] 26. Januar 2016. <http://www.reuters.com/article/us-greenland-mining-china-idUSKCN0V425D>.
12. [Online] <http://ironbark.gl/projects/greenland/citronen/>.
13. *The Future of Arctic Shipping: A New Silk Road for China?* Humpert, Malte. 2013.
14. Arctic Meltdown. *NASA*. [Online] 27. Februar 2001.
15. Polhavet isfrit til sommer. *Information*. [Online] 3. marts 2008.
16. Klimaforsker: Nordpolen isfri i 2013. *Information*. [Online] 14. december 2007.
17. Forskning tyder på isfrit Arktis i 2015. *Jyllands-Posten*. [Online] 8. december 2008.
18. Rodrigue, Jean-Paul. *The geography of transport systems*. New York : Routledge , 2013.
19. Suez Canal Traffic Statistics. [Online] <http://www.suezcanal.gov.eg>.
20. Arctic shipping passage 'still decades away'. *The Guardian*. [Online] 9. februar 2016.
21. Canadian navy delays opening of crucial Arctic facility to 2018. *Toronto Sun*. [Online] 2. marts 2015.
22. *Economic savings linked to future Arctic shipping trade are at odds with climate change mitigation*. m.fl., H. Lindstad. s.l. : Transport Policy, 2016, Årg. 45.
23. T. F. Stocker m.fl. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. s.l. : Cambridge University Press, 2013.
24. Iceland intends to build a new port on the Arctic Ocean and wishes to cooperate with the planning experts at bremenports. *Bremenports*. [Online] 25. juni 2013.
25. Carsten Ørts Hansen m.fl. *Arctic shipping – commercial opportunities and challenges*. 2016 : CBS Maritime.
26. [Online] [Sysselmannen.no](http://sysselmannen.no).
27. *Governance of Arctic expedition cruise ships in a time of rapid environmental and economic change*. m.fl., M. Johnston. s.l. : Ocean & Coastal Management , 2014, Årg. 89.

28. Adherence to long-term therapies. Evidence for action. *WHO*. [Online] 2003.
http://www.who.int/chp/knowledge/publications/adherence_introduction.pdf.
29. <http://arctic-sdi.org/index.php/strategic-documents/>. *Arctic SDI*. [Online]
30. Russia will spend \$ 22 billion on four «old» satellites at the request of the military. *Russian News*. [Online] <http://en.news-4-u.ru/russia-will-spend-22-billion-on-four-old-satellites-at-the-request-of-the-military.html>.
31. *Efterretningsmæssig Risikovurdering 2015*. s.l. : Forsvarets Efterretningstjeneste , 2015.
32. *Trusselsvurdering*. s.l. : Center for Cybersikkerhed, 2016.
33. *Kongeriget Danmarks Strategi for Arktis 2011-2020*. s.l. : Udenrigsministeriet, 2011.
34. Coffman, K.G. and Odlyzko , A.M. Internet growth: Is there a “Moore’s Law” for data traffic? *Handbook of Massive Data Sets, Massive Computing*. 2002, Vols. 4, p. 47-93.
35. [Online] <http://www.nngroup.com/articles/law-of-bandwidth/>.
36. Licklider, J.C.R. *Libraries of the Future*. s.l. : MIT Press, 1965.

Satellitter og droner har mange anvendelser som en platform, der kan imødekomme både For-svarets 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 og samfundsmæssig udvikling.

DTU Space
Institut for Rumforskning og -teknologi

Elektrovej, bygning 328
2800 Kgs. Lyngby
Tlf. 45 25 95 00

www.space.dtu.dk