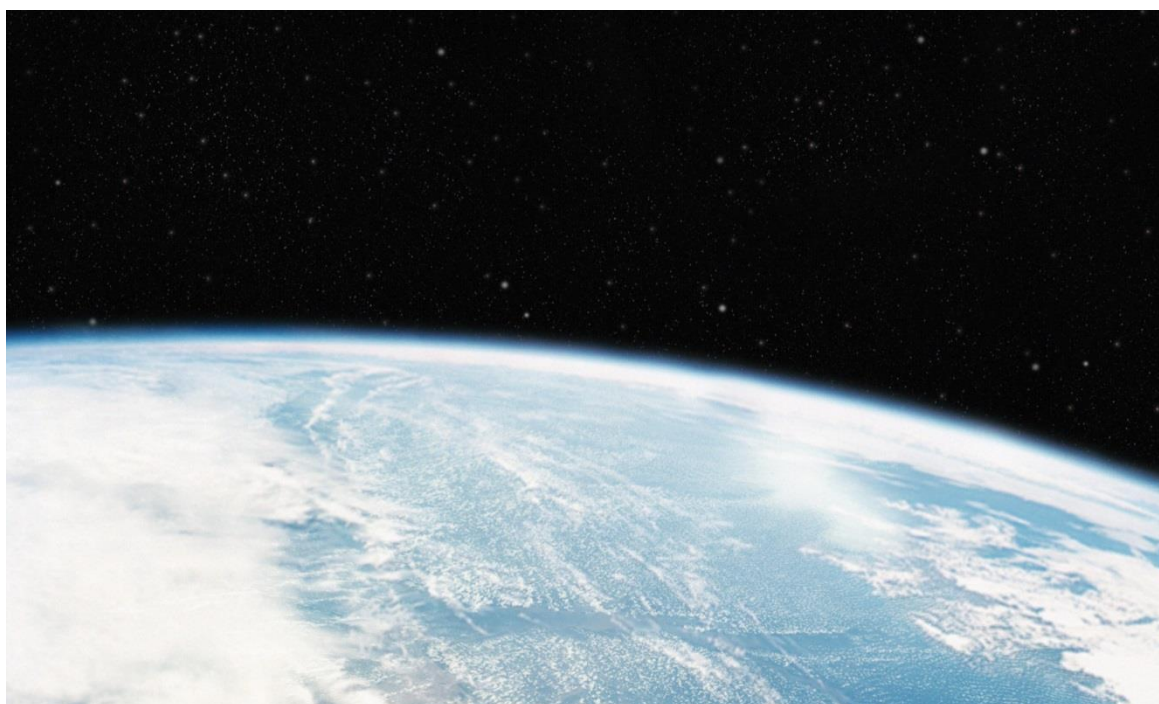


Til
Styrelsen for Forskning og Innovation

Dokumenttype
Rapport

Dato
Maj 2016

ANALYSE- OG EVIDENSGRUNDLAG FOR RUMOMRÅDET I DANMARK



ANALYSE- OG EVIDENSGRUNDLAG FOR RUMOMRÅDET I DANMARK

FORFATTERE

Brian Landbo,
Managing Consultant, Rambøll Management Consulting,
brla@ramboll.com

Rasmus Flytkjær,
Senior Economic Consultant, London Economics,
rflytkjaer@londoneconomics.co.uk

Tune Bergholt Hammer,
Managing Consultant, Rambøll Management Consulting,
tuh@ramboll.com

Sofie Friis,
Project Assistant, Rambøll Management Consulting,
sfr@ramboll.com

ISBN 978-87-93468-11-5

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.dk

London Economics
Somerset House, New Wing, Strand
UK-WC2R 1LA, London
T +44 203 701 7700
F +44 203 701 7701
www.londoneconomics.co.uk

INDHOLD

1.	RESUMÉ	1
1.1	De danske virksomheder	2
1.2	De danske universiteter	3
1.3	De danske myndigheder	4
1.4	Samfundsøkonomiske gevinster ved rummet	5
1.5	Anvendelsesmuligheder	6
2.	INDLEDNING	7
2.1	Danmarks rumhistorie	8
2.2	Terminologi og definitioner	9
2.3	Offentlige rumudgifter	10
3.	RUMOMRÅDETS REELLE OMFANG I DANMARK	14
3.1	Definition af rumøkonomien	14
3.2	Identifikation af relevante aktører	15
3.3	Metode	16
3.4	Erhverv	17
3.5	De danske universiteter	21
3.6	Offentlige myndigheder	24
3.7	Rumprojekters succesrate i bevillingssystemerne	25
4.	SAMFUNDSØKONOMISKE GEVINSTER	27
4.1	Rummets indflydelse på andre brancher	27
4.2	Samfundsøkonomiske gevinster ved rummet	29
4.3	Gevinster ved brug af satellitkommunikation	39
4.4	Casestudier af rumanvendelse	40
5.	DANMARKS STYRKEPOSITIONER	46
5.1	Styrkepositioner i samspillet mellem erhvervsliv, forskning og myndigheder	46
5.2	Erhverv	48
5.3	Forskning	53
5.4	Myndighederne	57
6.	NUVÆRENDE OG FREMTIDIGE KOMMERCIELLE ANVENDELSESMULIGHEDER	59
6.1	Navigation	59
6.2	Jordobservation	63
6.3	Satellitkommunikation	67
6.4	Integrerede applikationer	67
7.	MYNDIGHEDERNES BEHOV FOR DATA OG PRODUKTER FRA RUMOMRÅDET	68
7.1	NaturErhvervstyrelsen	69
7.2	Søfartsstyrelsen	70
7.3	Danmarks Meteorologiske Institut	70
7.4	Forsvarsministeriet	72
7.5	Transport- og Bygningsministeriet/Trafik- og Byggestyrelsen	72
7.6	Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering	73
7.7	Space for Smarter Government Programme	73
7.8	Case: Byudvikling	75

BILAG

- Bilag 1: Metodebilag
- Bilag 2: Profiler for interviewede virksomheder
- Bilag 3: Værdikædekonvertering
- Bilag 4: Satellitmissioner med dansk deltagelse
- Bilag 5: Definitioner og beskrivelser af værdikædeelementer
- Bilag 6: Virksomhedslistor
- Bilag 7: Forkortelser

1. RESUMÉ

For første gang i Danmarkshistorien har regeringen påbegyndt processen mod formuleringen af en national rumstrategi – en målrettet, langsigtet plan som skal forme og styre udviklingen af den danske rumøkonomi i de kommende årtier. Formålet med denne rapport er at belyse rumområdet omfang og potentialer i Danmark. Rapporten støtter herigennem op omkring formuleringen af en national rumstrategi.

Rapporten består foruden dette resumé, af en indledning (kapitel 2) samt fem delanalyser, der tilsammen sigter på at belyse rumrådets omfang og potentialer i Danmark. I de første tre delanalyser (kapitel 3-5) belyses nuværende danske rumrelaterede aktiviteter, samfundsøkonomiske gevinster herved samt specifikke danske styrkepositioner. De sidste to delanalyser (kapitel 6 og 7) belyser dels den eksisterende anvendelse og dels fremtidige anvendelsesmuligheder.

Analyserne tager afsæt i to fundamentale typer af rumrelateret aktivitet, nemlig det der relaterer sig til at producere isenkram, der skal forlade jorden og eventuelt sendes i kredsløb, og de processer, der søger at udnytte de muligheder, satellitter i rummet giver. For at opsende isenkram fra jorden kræves i bred forstand et transportmiddel og noget at sende op. I rumterminologi kaldes dette område for "upstream". "Downstream" på den anden side er de aktiviteter, der omhandler kommerialisering og brug af satellitdata og tjenester.

Analyserne tager endvidere afsæt i tre satellittyper med relevans for downstream, med specifikke data og produkter tilknyttet (foruden satellittyperne med relevans for downstream, er væsentlige aktiviteter forbundet med produktion og operation af missioner med forskningsfokus):

- *Jordobservationssatellitter*, som EU's Copernicus program, observerer Jordens fysiske træk. Satellitterne bruger eksempelvis radar eller optiske kameraer til at danne data. Jordobservation anvendes til miljø- og overvågningsapplikationer samt genererer de satellitfotos der bruges til vejrmeddelelser.
- *GNSS (Global Navigation Satellite System)-satellitter*, som USA's GPS og EU's Galileo har atomure ombord, og udsender et præcist klokkeslæt i signalet. Brugerenheder ved til enhver tid hvor satellitten er, og kan beregne hvor lang tid signalet har rejst. Med fire signaler er det muligt at beregne enhedens præcise position. Systemet anvendes til navigation og de præcise tidsoplysninger (timing) bruges til synkronisering.
- *Kommunikationssatellitter* fra private operatører bruges til at få adgang til kommunikation, internet og satellit-tv som supplement eller eneste mulighed i visse dele af verden (fx på havene eller i fly). De fleste, men ikke alle, kommunikationssatellitter er i geostationært kredsløb (ca. 36.000 km over ækvator), dvs. de er altid i den samme position i forhold til et sted på jorden.

Analyserne er bl.a. gennemført med afsæt i interview med danske upstream- og downstream-virksomheder, myndigheder, forskningsinstitutioner og brugere (nuværende og potentielle). Analyserne fokuserer dermed på tre primære aktørgrupper – virksomheder, universiteter og myndigheder, herunder både statslige og kommunale.

Interviewdeltagere

Upstream- og downstream-virksomheder

DHI, DMI, Cobham Satcom, Danish Aerospace Company, FORCE Technology, GomSpace, Hubner + Suhner, NaviAir, Terma

Myndigheder

Beredskabsstyrelsen, Digitaliseringsstyrelsen, Danmarks Meteorologiske Institut, Forsvarsministeriet, Københavns Kommune, NaturErhvervstyrelsen, Trafik- og Byggestyrelsen, Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, Søfartsstyrelsen

Forskningsinstitutioner

Aalborg Universitet, Aarhus Universitet, DTU Space, Københavns Universitet (SUND & Science), Syddansk Universitet

Nuværende & Potentielle brugere

Danmarks Rederiforening, Forsikring & Pension, Kriminalforsorgen, Mærsk Oil, Mærsk Line, Rambøll Danmark, SEGES

1.1 De danske virksomheder

Rumøkonomiens virksomheder findes i mange brancher, og sektoren kan derfor ikke defineres eller afgrænset ud fra eksisterende statistisk klassificeringer. I stedet har det været nødvendigt at identificere relevante virksomheder en ad gangen, og basere værdiansættelse af rummet på data på virksomhedsniveau. Afdækningen viser følgende om de danske virksomheder.

Omsætning på 4,4 mia. DKK og ca. 1.550 fuldtidsansatte

Der findes i Danmark 144 virksomheder der beskæftiger sig med rumrelaterede aktiviteter. Omsætningen fra virksomhedernes rumaktivitet udgjorde i 2013 ca. 4,4 mia. DKK, og virksomhederne i den danske rumøkonomi beskæftigede ca. 1.550 fuldtidsansatte.

Værdiskabelsen findes primært i downstream-sektoren

Danmarks rumomsætning skabes i høj grad i downstream-elementet, hvor isenkram i rummet kommerialiseres og sælges til brugere. Mens upstream-sektoren i 2013 noterede sig for 7 % af omsætningen og 14 % af rumsektorens beskæftigelse, bidrog downstream-sektoren således med de resterende 93 % af omsætningen og de resterende 86 % af arbejdsstyrken.

Sammenligninger på tværs af lande er generelt vanskelig grundet forskelle i definitioner og afgrænsninger samt lokale faktorer der ofte spiller ind, både industrielt og geografisk. Set i forhold til den globale rumøkonomi, tegner den danske upstream-sektor sig dog for en betragteligt lavere andel af den samlede rumomsætning. Upstream-sektorens andel af den samlede rumomsætning gennemsnitligt udgør til sammenligning ca. 33 % (det globale gennemsnit). Omvendt tegner den danske downstream-sektor sig således for en betragteligt større andel af den samlede omsætning. Downstream-sektorens andel af den samlede rumomsætning gennemsnitligt udgør til sammenligning ca. 67 % (det globale gennemsnit).

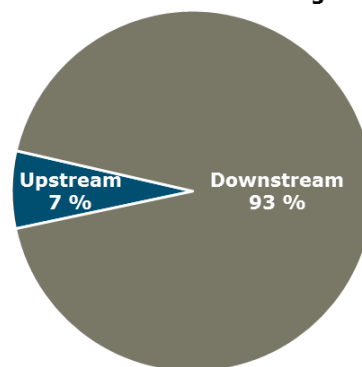
Halvdelen af den danske upstream-omsætning stammer fra satellitter. I downstream-sektoren ses en større spredning i aktiviteter og salg af rumtjenester samt hhv. fremstilling og salg af brugerenheder udgør hver især ca. en tredjedel af den samlede downstream-omsætning.

Et nationalt erhverv med et højt uddannelsesniveau

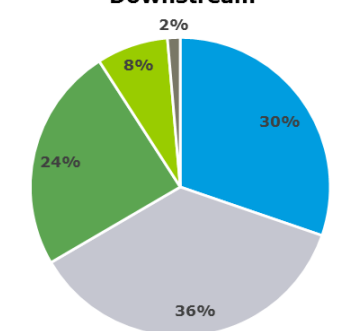
Den rumrelaterede beskæftigelse er fordelt over hele landet, dog centreret omkring de større universitetsbyer. I Region Hovedstaden, som huser knap en tredjedel af den danske befolkning, beskæftiger virksomhederne knap halvdelen af Danmarks rumbeskæftigede. Også i Region Nordjylland, der med blot 10 % af Danmarks befolkning, huser næsten 25 % af landets rumbeskæftigede, er koncentrationen høj. To ud af fem medarbejdere i rumrelaterede virksomheder har gennemført en lang videregående uddannelse. Sammenlignet med befolkningen som helhed, er andelen meget høj (her udgør andelen ca. 7,1 %).

Den danske rumsektor

Samlet rumomsætning

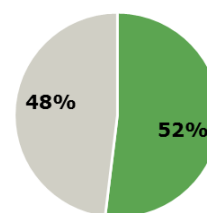


Downstream



- Salg af rumtjenester
- Fremstilling af brugerenheder
- Salg af brugerenheder
- Rumbaserede software- og konsulentytelser
- Alle følgeservices

Upstream



- Satellitter
- Andet end satellitter

Kilde: Rambøll og London Economics analyse og data fra Danmarks Statistik

Note: Salg af rumtjenester omfatter operation af jordstationer og satellitter samt salg af båndbredde til satellitinternet, -telefoni, og parabol-tv.

Styrkepositioner inden for fremstilling af satellitter, systemer til ISS og brugerenheder

Med deltagelse i 38 satellitmissioner er Terma den største og mest erfarne danske virksomhed i upstream-segmentet og også DTU er med sine 15 satellitmissioner en væsentlig aktør. Med fem opsendte satellitter er Aalborg Universitet også vigtig spiller indenfor CubeSat-feltet. GomSpace, der er udsprunget fra Aalborg Universitet, og som er blandt verdens førende inden for nanosatellitter, oplevede i 2015-2016 en vækst på 100 %. Udover satellitter er den danske upstream-sektor stærk på systemer til ISS, hvor Danish Aerospace Company har leveret adskillige løsninger inden for astronauters træning og sundhed.

På downstream-området er fremstilling af brugerenheder en klar dansk styrkeposition og virksomhederne på området tæller blandt andre Cobham Satcom og Satcom1, som begge laver satellit-kommunikationsterminaler og er blevet opkøbt af udenlandske ejere indenfor det seneste år.

Danske virksomheder har et godt udgangspunkt

Danske virksomheder er generelt godt stillet i forhold til at udnytte internationale tendenser indenfor rumindustrien. Der er i analysen identificeret fire overordnede internationale tendenser indenfor rumindustrien med relevans for Danmark: *"New Space Age"*, *"Værdikædens internationalisering"*, *"Internet-of-Everything and Everywhere"* og *"Small Satellite Revolution"*. På alle fire felter vurderes danske virksomheder at have gode muligheder for at udnytte de markeder der åbnes.

Udover disse tendenser er der sket et grundlæggende skred i forholdet mellem offentlig og privat efterspørgsel. Hvor en tredjedel af den rumrelaterede økonomiske aktivitet i 2009 var drevet af offentlig efterspørgsel var dette tal faldet til ca. en fjerdedel i 2014. Dette skyldes en ny type rumorganisationer (*"New Space"*), som beskriver et nyt voksende globalt netværk af entreprenører, private virksomheder og organisationer kendetegnet blandt andet ved brug af privat finansiering målrettet kommercielle markeder med et ofte lukrativt tilbagebetalingspotentiale grundet høj efterspørgsel og stordriftsfordele. Denne tendens indbefatter mange af de områder hvor rumøkonomien udvikler sig og vurderes at fortsætte de kommende år.

1.2 De danske universiteter

Danmark har indtil for nylig været en lille, men stadig traditionel, rumforskningsnation og fokus har været på nicheområder inden for rumforskning og levering af rumfartsteknologier. Udviklingen og opsendelsen af den første danske satellit, Ørsted-satellitten i 1999, var kulminationen på en videnskabelig og teknologisk kraftanstrengelse fra flere universiteter, institutter og virksomheder, og Ørsted-satellitten banede for alvor vejen for dansk forskning og førte dansk industri ind på markedet for rumfartsudstyr.

Fordeling og koncentration

Det suverænt største, danske universitetsforskningsmiljø befinder sig på og omkring DTU. I 2015 havde DTU Space alene omkring 80 videnskabelige fuldtidsansatte og 200 studerende beskæftiget med rumrelaterede aktiviteter. Ud over DTU Space beskæftiger 7 andre institutter på DTU sig med rumrelaterede aktiviteter, men her er volumen langt mindre. Målt i videnskabelige fuldtidsansatte er der også tale om mindre miljøer på de andre danske universiteter. På Aalborg universitet, vurderes de videnskabelige fuldtidsansatte der beskæftiger sig med rumrelaterede projekter at udgøre 8 årsværk. Det fremhæves fra alle sider at de danske universiteters indsats på området ikke ville være mulig uden de studerende og frivillige og de mange timer de lægger heri.

Samarbejde med virksomheder og myndigheder

Rumområdet er meget forskningstungt og både virksomheder og universiteter peger på en unik grad af gensidig afhængighed mellem de to parter. Den danske forskning, og den nye viden den genererer, er således helt essentiel i forhold til den erhvervmæssige udvikling.

Generelt tegner sig et billede af at samarbejdet mellem universiteterne og virksomhederne i høj grad allerede er til stede og at det langt hen ad vejen er vellykket. Der peges eksempelvis på meget vellykkede samarbejder i forhold til instrumentbygning samt flere af universiteternes bidrag til, at nanosatellitter har udviklet sig til et vækstområde i rumøkonomien.

Universiteterne spiller også en væsentlig rolle i forhold til myndighederne inden for en række bestemte områder. Her fremhæves særligt det danske engagement i Arktis og farvandsovervågning i forbindelse med opretholdelse af dansk suverænitæt.

Også inden for bemanded rumfart peges på, at der på flere projekter ses et relativt kort pay-off, hvor den genererede rumrelaterede viden inden for en begrænset tidshorisont kommer almindelige patienter og på danske sygehuse til gavn, da udviklingen af medicinsk udstyr og forskningsforsøg til og på mennesker i rummet, samtidig giver os bedre idé om sygdomme og helbred for resten af de mennesker der befinder sig på jorden.

Universiteterne ser dog en generel tendens til at mange myndigheder i dag anvender rumrelaterede teknologier og viden uden at være bevidste om det og ser herudover mange uudnyttede anvendelsesmuligheder i forbindelse med myndighedsopgaver.

Midler og ressourcer

På trods af en høj grad af specialisering samt et forholdsvis højt aktivitetsniveau relativt til den lave kritiske masse på universiteterne vurderes det samlede forskningsmæssigt bidrag at være kvantitativt begrænset i en international sammenhæng.

Samtidigt er det fra flere sider kommet til udtryk, at danske forskergrupper ikke i større omfang søger det nuværende forsknings- og innovationsmæssige bevillingssystem på trods af rumprojekternes bredde spændvidde. Samme tendens kan iagttages ved ansøgninger til Horizon2020. Blandt årsagerne til dette er, at det er en udfordring at komme i betragtning til flere af forskningspuljerne når man, som de danske universiteter, har studerende med på projekterne, da disse projekter så opfattes som projekter med et undervisningsperspektiv frem for et forskningsperspektiv.

Andre forskningsmiljøer

Ud over den forskning der foregår på universiteterne, er det vigtigt at holde sig for øje, at der også foregår forskningsaktiviteter i andre miljøer samt at en væsentlig mængde af forskning og udvikling finder sted i de private virksomheder. Et eksempel herpå er DMI der beskæftiger et betydeligt antal årsværk inden for forskning og som gennem mere end 30 år har publiceret en lang række forskningsartikler, både gennem medarbejdere ansat i DMI og i samarbejde med eksterne aktører.

1.3 De danske myndigheder

Kontoret for rum

Den 8. maj 2015 fik Uddannelses- og Forskningsministeren overdraget det ressortmæssige ansvar for 1) sager vedrørende regulering af danske aktiviteter i det ydre rum, 2) for deltagelse i internationalt samarbejde om aktiviteter i det ydre rum, samt 3) for koordinering og samarbejde mellem danske myndigheder med rumrelaterede ansvarsområder. I forhold til myndighedsvaretagelsen, og dermed ansvaret for dansk udbytte af rumområdet, er denne fordelt mellem en række ministerier, der hver især bidrager med kompetencer inden for deres respektive fagområder, og som i større eller mindre grad anvender rumbaserede systemer.

Flere ministerier og styrelser er aktive brugere af data og produkter fra rumområdet

En række af de danske ministerier og styrelser er aktive brugere af data og produkter fra rumområdet. Det omfatter bl.a. Danmarks Meteorologiske Institut (under Energi-, Forsynings- og Klima-

ministeriet), Forsvarsministeriet, NaturErhvervstyrelsen (under Miljø- og Fødevarerministeriet), Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (under Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet), Søfartsstyrelsen (under Erhvervs- og Vækstministeriet).

Data fra satellitter indgår direkte i DMI's vejrmodeller og er dermed et hovedelement i instituttets kerneforretning. Forsvaret benytter mange former for rumrelaterede ydelser og data. Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering understøtter bl.a. Forsvaret med geodata både nationalt og internationalt ligesom styrelsen repræsenterer Danmark i internationale geodata-samarbejder og i det arktiske samarbejde under Arktisk Råd. NaturErhvervstyrelsen bruger satellitdata i sagsbehandlingen når der udbetales støtte til landmænd – samt i kontrolsammenhæng. Søfartsstyrelsen benytter satellitdata til ruteplanlægning, maritim fysisk planlægning, havnestatskontrol mv.

Danske myndigheder benytter således i betydelig omfang data og produkter fra rummet. Derudover eksisterer der et væsentligt samarbejde mellem myndigheder – især på modne ressortområder som søfart, transport og forsvar. Yderligere arbejder flere myndigheder aktivt med at implementere nye anvendelser af data og produkter fra rummet. Det gælder eksempelvis i NaturErhvervstyrelsen, som er begyndt at benytte satellitdata i sit arbejde med administration og kontrol af arealstøtte til landmænd samt i forbindelse med overvågning af fredet natur.

Kommuner benytter også data og produkter fra rumområdet

Også på det kommunale niveau giver data og produkter fra rumområdet nye muligheder, herunder ikke mindst i forhold til byudvikling og eksempelvis klimasikring. I Danmark anvendes JO forsøgs-mæssigt i Thyborøn, hvor målet er at nå frem til en komplet fremskrivning af de næste mange års landhævninger og -sænkninger, hvilket udgør et væsentligt element i planlægningen af den lokale klimatilpasning. Fremskrivningen sker bl.a. i samarbejde med Kystdirektoratet og Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering.

1.4 Samfundsøkonomiske gevinster ved rummet

Investeringer i rummet bliver ofte fremhævet som særdeles gode investeringer med store afkast. Som led i analysen er der foretaget en gennemgang af eksisterende evidens og viden om de samfundsøkonomiske gevinster.

Store gevinster sammenholdt med sektorens relative størrelse

I forhold til sin relative størrelse bidrager det danske rumområde gennem afsmittende effekter til væsentlig større samfundsøkonomiske gevinster. Der er fastslået betydelige samfundsøkonomiske gevinster ved offentlige investeringer i både jordobservation, navigation og kommunikation.

I forhold til **jordobservation** skønnes Danmarks bidrag til GMES/Copernicus at afføde samfundsøkonomiske gevinster på omkring 7,5 mia. DKK frem mod 2030. På **navigationsområdet** skønnes de samfundsøkonomiske gevinster ved GPS-aktiviteter at udgøre omkring 6 mia. i 2013. Eftersom der kun er medtaget et udsnit af GPS-aktiviteter, kan dette med rimelighed betragtes som en nedre grænse. De samfundsøkonomiske gevinster ved **satellitkommunikation** er ligeledes store, men har ikke på samme måde været mulige at kvantificere på et overordnet niveau, da der endnu ikke eksisterer studier af den samfundsøkonomiske værdi. I tillæg til de tre ovenstående satellittyper skønnes de samfundsøkonomiske gevinster ved vejrmeldinger gennem EUMETSAT at udgøre omkring 700 mio. DKK årligt.

1.5 Anvendelsesmuligheder

Inden for navigation fremhæves særligt potentialer for de brancher, der beskæftiger sig med transport til lands, til vands og i luften. Her giver udnyttelse af nøjagtig satellitnavigation muligheder for forbedret flådestyring og ruteplanlægning og der foregår i dag en del aktivitet omkring udarbejdelse af mere relevante prognoser – eksempelvis for den optimale vej over Atlanten. Anvendelsesmulighederne for GNSS favner dog bredt.

Den kommercielle anvendelse af jordobservation har endnu ikke nået det samme niveau som de andre satellitteknologier. Brugen af satellitbilleder er således primært samlet i aktiviteter der sigter mod den offentlige sektor, men der er væsentlige undtagelser. Samtidigt rummer de senere års udvikling i kvaliteten af satellitbilleder interessante perspektiver. Opløsningen i satellitbillederne er i dag så høj, at data der tidligere er indsamlet via fly, skibe eller fra landjorden i dag i vid udtrækning kan afløses af satellitdata.

Udover de transporttunge brancher, hvor de seneste års udvikling i kvaliteten af satellitbilleder har bidraget til et bedre overblik over den samlede trafiksituation og forhold på ruten, er eksempler på brancher der kan drage nytte af denne udvikling rådgivende ingeniører, forsikringsselskaber og andre virksomheder, der arbejder med geografisk information. En anden branche der allerede i dag udnytter rumteknologiens potentialer, men som stadig udforsker nye kommercielle anvendelsesmuligheder, er landbruget.

De kommercielle anvendelsesmuligheder af satellitkommunikation er mange, og højt udviklede. Generelt kan anvendelsesmulighederne sammenfattes til at omfatte alle områder, hvor der er behov for at kunne kommunikere mellem lokaliteter, der ellers ikke har brugbare alternative kommunikationsforbindelser.

Kombinationen af teknologier rummer potentialer for yderligere gevinster, eksempelvis på byudviklingsområdet. ESA's Integrated Applications Programme er også et eksempel på hvordan man søger at forbedre udbyttet af rumapplikationer ved at kombinere teknologier.

2. INDLEDNING

For første gang i danmarkshistorien har regeringen påbegyndt processen med en national rumstrategi – en målrettet og langsigtet plan, som skal forme og styre udviklingen af den danske rumøkonomi i de kommende årtier. For at støtte og oplyse denne strategiproces og sikre muligheden for, at man kan forelægge en velunderbygget strategi for regeringen, er det centralt at der etableres et analyse- og evidensgrundlag for rumområdet. Strategien forelægges regeringen inden udgangen af første halvår 2016.

Foruden analyse- og evidensgrundlaget omfatter strategiarbejdet drøftelser mellem de otte ministerier i arbejdsgruppen samt drøftelser mellem medlemmerne af følgegruppen og Rumforskningsudvalget. Der er med andre ord behov for et fokuseret forløb i forhold til strategiarbejdet, og det er derfor vigtigt at analyse- og evidensgrundlaget spiller ind i strategiarbejdet på den helt rigtige måde.

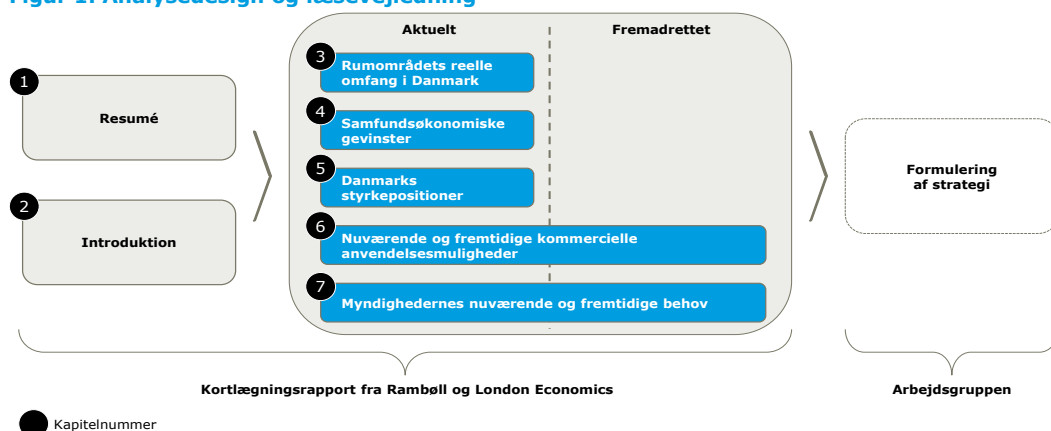
Formålet med denne rapport er at skabe et evidensgrundlag for rumområdets reelle omfang i Danmark samt for udnyttelse af potentialer og anvendelsesmuligheder for virksomheder, forskningsinstitutioner og myndigheder.

Der findes ingen autoritative og opdaterede angivelser af erhvervsstruktur og størrelse af rumsektoren i Danmark for så vidt angår eksempelvis omsætning, antal beskæftigede, antal virksomheder og forsknings- og udviklingsinstitutioner, bevillinger uden for ESA mv. Indeværende rapport er dermed vigtig, idet den sætter tal på et svært kvantificerbart område, hvilket også understreger dens betydning som udgangspunkt for den kommende nationale strategi for rumområdet.

Med afsæt i analyse- og evidensgrundlaget samt bred inddragelse af offentlige og private interesser skal strategien udstikke de kort-, mellem- og langsigtede rammer for rumområdet i Danmark og bidrage til, at der erhvervslivet, forskningsverdenen og myndighederne kan høste de forventede potentialer på området.

Rapporten består af et sammenfattende resumé (kapitel 1), en indledning (kapitel 2) samt fem delanalyser, der tilsammen sikrer et fyldestgørende dokumentationsgrundlag. De første tre delanalyser (kapitel 3-5) kortlægger nuværende danske rumrelaterede aktiviteter, samfundsøkonomiske gevinster herved samt specifikke danske styrkepositioner. De sidste to delanalyser (kapitel 6 og 7) undersøger med udgangspunkt i en kortlægning af nuværende hhv. kommerciel samt myndighedsanvendelse fremtidige anvendelsesmuligheder og behov. Samspillet mellem de enkelte delanalyser og det efterfølgende strategiarbejde er illustreret i figuren nedenfor.

Figur 1. Analysedesign og læsevejledning



Kilde: Rambøll og London Economics.

2.1 Danmarks rumhistorie

Selvom Danmark er en lille nation, har en række begivenheder gennem tiden bidraget til at gøre Danmark til en betydelig rumnation. Andreas Mogensens rejse til Den Internationale Rumstation blev for mange billedet på, at Danmark har en betydelig rolle at spille inden for rumforskning, men også andre begivenheder har været med til at forme den danske udvikling. I nedenstående tabel fremhæves vigtige nedslag i den danske rumhistorie, der har bidraget til at vi er nået dertil, hvor vi er i dag.

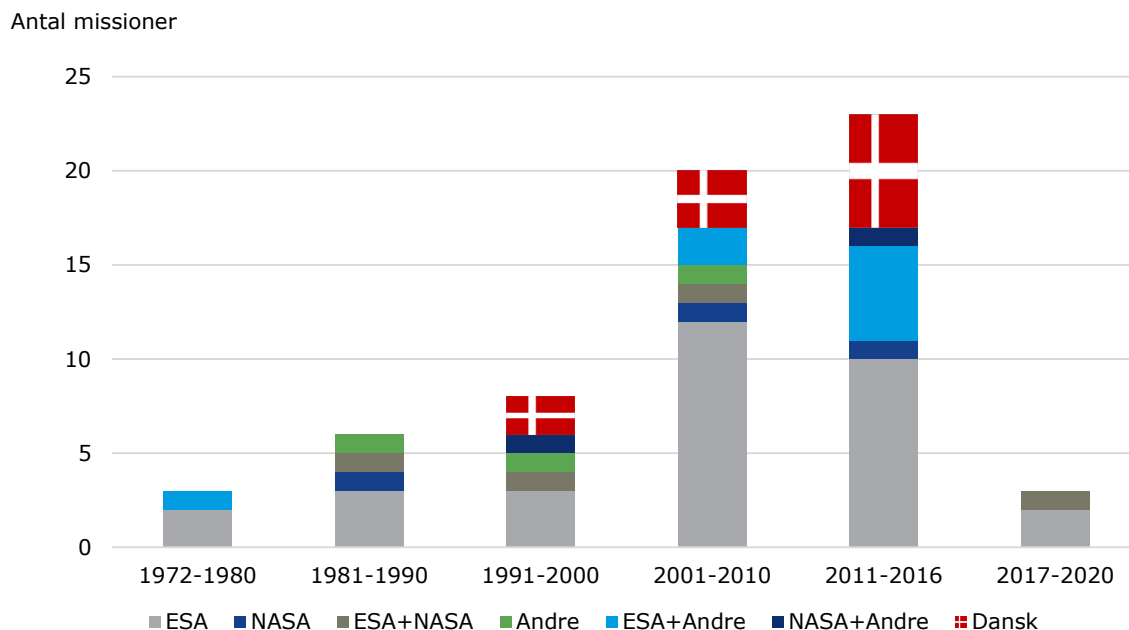
Tabel 1. Vigtige nedslag i den danske rumhistorie

Vigtige nedslag	År	Bedrift
Tycho Brahe	1546-1601	Grundig observatør af nattehimlen, hvis målinger af en supernova i Cassiopeia i 1572 og en komet i 1577 modbeviste den daværende gængse ide, at himlen var konstrueret af syv skaller. Johannes Kepler, Brahes assistent, formulerede sine love om planeters kredsløb baseret på Brahes data.
Ole Rømer	1644-1710	Jupiters måne, Io, har et kredsløb på 42,5 timer. Ole Rømer observerede dette kredsløb gennem et år og konstaterede, at månen ikke altid kom til syne på det forventede tidspunkt. Rømer viste, at årsagen hertil var 'lysets tøven', altså at lyset <i>har en hastighed</i> . Huygens beregnede siden lysets hastighed baseret på Rømers data.
Bengt Strömberg	1908-1987	Første publikation i en alder af 14 år i <i>Astronomische Nachrichten</i> i 1922. Præsident for den Internationale Astronomiske Union 1970-1973 og for European Southern Observatorys råd 1975-1977.
Dansk Selskab for Rumfartsforskning	1949-	Deltog i grundlæggelsen af den Internationale Astronautiske Føderation (IAF) i 1951. Har udgivet tidsskriftet Dansk Rumfart siden 1989.
European Space Research Organisation (ESRO)	1962-1975	Danmark underskriver ESRO konventionen (1962) og indtræder ved organisationens grundlæggelse i 1964.
European Southern Observatory (ESO)	1967	Danmark indtræder i ESO. 19 videnskabelige opdagelser i ESO mellem 2000 og 2013 havde dansk islæt.
European Space Agency (ESA)	1975-	Danmark deltager i grundlæggelsen af ESA i 1975 og siden i adskillige missioner.
EUMETSAT	1986-	Danmark deltager i grundlæggelsen af EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites).
Ørsted-satellitten (Det Danske Småsatellitprogram)	1999	Ørsted er den første satellit der er udviklet og bygget i Danmark af et konsortium bestående af otte virksomheder (tre er nu indlemmet i Terma), og adskillige universitets- og forskningsinstitutter. Satellitten blev opsendt i 1999 med forventet levetid på 14 måneder, men fungerer stadig. Rømer, den næste satellit i småsatellitprogrammet, skulle have målt stjerners pulser, men finansieringen ophørte i 2002, tre år før forventet opsendelse.
Andreas Mogensen, ESA astronaut	2015	ESA astronaut Andreas Mogensen tilbragte 10 dage på den Internationale Rumstation i september 2015 og blev den første dansker i rummet.

Kilder: Space.com, Tycho Brahe Biography (<http://www.space.com/19623-tycho-brahe-biography.html>); Niels Bohr Institutet, Ole Rømer og lysets tøven (http://www.nbi.ku.dk/hhh/roemer/roemer/lysets_toeven/), og Universitetsavisen nr. 10 2001, Ole Rømer-medaljen (<http://universitetsavisen.ku.dk/dokument2/dokument2/dokument7/Uni10.01.pdf>); ESO messenger no. 49, Bengt Strömberg (1908-1987) (<https://www.eso.org/sci/publications/messenger/archive/no.49-sep87/messenger-no49-1-1.pdf>); Dansk Rumfart – en yngling på 40 (<http://rumfart.dk/vis.asp?artikelid=243>); ESA History (http://www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/ESA_history/ELDO_ESRO_ESA_br_Key_dates_1960-2014); <http://rumfart.dk/vis.asp?id=352>; <http://planetariet.dk/artikel/tillykke-%C3%B8rsted>; <http://www.computerworld.dk/art/109178/stikket-blev-trukket-ud>.

Danske virksomheder har bidraget til 58 satellitmissioner siden 1972. Figuren nedenfor viser fordelingen mellem kunder og over tid.

Figur 2. Satellitmissioner med dansk deltagelse



Kilder: Terma, DTU, Aalborg Universitet, GomSpace. Figuren viser 63 satellitmissioner (og ikke 58 satellitmissioner) eftersom fem missioner havde deltagelse af både Terma og DTU. Se den komplette liste af missioner med deltagelse af Terma, DTU, Aalborg Universitet og GomSpace i bilag 4.




2.2 Terminologi og definitioner

Aktiviteter med reference til rummet forbindes ofte med de store spørgsmål om universets, jordens og livets opståen, som søges afdækket ved observation af stjerner, månen, planeter og kometer. Disse aktiviteter er væsentlige for menneskets forståelse af sin egen historie, og store beløb er brugt herpå, navnlig i det sidste århundrede.

Denne rapport udvider definitionen rumaktiviteter og definerer to fundamentale typer af rumrelaterede aktiviteter, nemlig dem der relaterer sig til at producere isenkram, der skal forlade jorden og eventuelt sendes i kredsløb, og de processer, der søger at udnytte de muligheder, satellitter i rummet giver. For at opsende isenkram fra jorden kræves i bred forstand et transportmiddel og noget at sende op. I rumterminologi kaldes dette område for "upstream". "Downstream" på den anden side er de aktiviteter, der omhandler kommercialisering og brug af satellitdata og tjenester.

Denne rapport behandler tre satellittyper med relevans for downstream med specifikke data og produkter tilknyttet. I praksis har visse satellitter forskellige typer payload, men som en simplification har vi valgt at referere til de signaler, satellitten leverer og deres anvendelse på jorden.

Figur 3. Satellittyper

	<p>Jordobservationssatellitter</p> <p>Jordobservationssatellitter, som EU's Copernicus program, observerer Jordens fysiske træk. Satellitterne bruger eksempelvis radar eller optiske kameraer til at danne data. Jordobservationssatellitter (JO) kan være alt fra små CubeSats, som er kuber af 10x10x10 cm³ på ca. 1 kg, til ESA's Sentinel, som er 2,8x2,5x4 m³ og vejer 2,3 ton. JO anvendes til miljø- og overvågningsapplikationer samt genererer de satellitfotos der bruges til vejrmedlinger. JO-satellitter er i mange forskellige kredsløb afhængig af deres formål. De fleste er i sol-synkroniseret kredsløb (som Ørsted satellitten) eller polart kredsløb.</p>
	<p>GNSS</p> <p>GNSS (Global Navigation Satellite System)-satellitter, som USA's GPS og EU's Galileo, har atomure ombord, og udsender et præcist klokkeslæt i signalet. Brugerenheder ved til enhver tid hvor satellitten er, og kan beregne hvor lang tid signalet har rejst. Med fire signaler er det muligt at beregne enhedens præcise position. Systemet anvendes til navigation og de præcise tidsoplysninger (timing) bruges til synkronisering. GNSS er den billigste adgang til atomurpræcision. De 26-30 galileosatellitter vejer hver 700kg og er i Medium Earth Orbit (MEO) ca. 20.000 km over Jorden.</p>
	<p>Kommunikationssatellitter</p> <p>Kommunikationssatellitter fra private operatører (Inmarsat, Iridium, Thuraya, SES, Telenor m.fl.) bruges til at få adgang til kommunikation, internet og satellit-tv som supplement eller eneste mulighed i visse dele af verden (fx på havene eller i fly). De fleste, men ikke alle, kommunikationssatellitter er i geostationært kredsløb (ca. 36.000 km over ækvator), dvs. de er altid i den samme position i forhold til et sted på jorden. Telenors Thor6 er således i 1° Vest. Kommunikationssatellitter er den tungeste klasse af satellit med affyringsmasse mellem 1 og 5,9 ton.</p>

Kilder: ESA, Boeing.

Foruden satellittyperne med relevans for downstream er der væsentlige aktiviteter forbundet med produktion og operation af missioner med forskningsfokus. Disse missioner omfatter satellitter i kredsløb om jorden (eksempelvis NASA's Hubble Rumteleskop), satellitter i andre kredsløb (eksempelvis STEREO,¹ som er i kredsløb om solen) og rumprober, der rejser til andre planeter i solsystemet (eksempelvis ExoMars), prober på missioner til andre solsystemer (Voyager 1 og 2) samt ESA Rosetta-missionen, hvis mål var en komet. Disse missioner har primært rumforskningsinteresse og søger at besvare de store spørgsmål.

2.3 Offentlige rumudgifter

Den Internationale Rumstation, ISS, er beregnet til at have kostet 100 mia. euro, alt inklusive over 30 år, og udgifterne er delt mellem USA, Rusland, Canada, Japan og ESA's medlemslande.² Med så mange skatte kroner investeret i et projekt er det nødvendigt at sikre, at der er teoretisk hjemmel til sådan en investering. Økonomisk teori foreskriver, at regeringer kan intervenere i frie markeder, hvis allokeringen af ressourcer er sub-optimal. Dette kaldes en markedsfejl og betyder, at det frie marked ikke leverer det mest effektive udfald, men dette er ikke en tilstrækkelig betingelse for intervention. I stedet er det nødvendigt at forstå markedet og dermed blive i stand til at designe den rette intervention. De klassiske mikroøkonomiske argumenter for offentlig intervention præsenteres med udgangspunkt i rummet nedenfor:

- **Bindeled mellem den FoU-tunge upstream-sektor og den kommercielt attraktive downstream-sektor**

Downstream-aktiviteter er kommercielt mere lukrative end upstream, og værdien af omsætningen er langt større, men uden upstream ville der ikke være nogen satellitter og derfor ingen downstream.³ Uden offentlig intervention (i form af skatter og forskningsmidler) ville profitten genereret i downstream kun blive investeret i upstream-infrastruktur af store, vertikalt integrerede virksomheder, hvilke der er meget få af i Danmark. Resultatet ville være utilstrækkelige investeringer i upstream-forskning og -udvikling (FoU) og over tid forringe downstream-sektorens kommercielle muligheder.⁴

¹ Solar Terrestrial Relations Observatory.

² http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/International_Space_Station/How_much_does_it_cost

³ Se eksempelvis OECD (2014) *The Space Economy at a Glance 2014*.

⁴ Konsultation med den britiske rumindustri, refereret i London Economics (2015) *The Case for Space 2015*.

- De private kapitalmarketers imperfektion**

Rose (1986)⁵ bemærker, at tre faktorer kan begrænse eller udelukke adgang til kapital på private markeder, nemlig: 1) stor usikkerhed eller risiko, 2) store faste omkostninger og 3) lang udviklingstid eller lange tilbagebetalingshorisoner. Rumprojekter, navnlig i upstream, er påvirket af alle tre faktorer i større eller mindre grad, idet risikoen ved projekterne er stor, og hvis for eksempel en raketaffyring fejler, er hele projektet i udgangspunktet tabt. De faste omkostninger ved rumprojekter er meget høje, mens de marginale omkostninger ofte er meget små (det koster eksempelvis ikke meget mere at fotografere endnu et område på den samme rute eller sælge parabol-tv til endnu en kunde), så der er gode muligheder for stordriftsfordele. Endelig er udviklingsfasen ofte meget lang, og den initiale investering giver ikke afkast før langt senere. Downstream-aktiviteter møder ikke de samme udfordringer som upstream, så længe isenkram i rummet leverer de nødvendige signaler, men langtidsrisikoen ved projekterne er alligevel uløseligt forbundet med upstream.
- Markedsfejl i videnskab og innovation**

Forskning og udvikling i rummet skaber private gevinster i form af profit til udvikleren, men også samfundsmæssige gevinster gennem afsmittende effekter, som udvikleren ikke får (fuld) betaling for. Det socialt optimale FoU-niveau opnås kun, hvis omkostningerne til FoU vurderes i forhold til de private og sociale afkast. Uden offentlig intervention vil FoU-niveauet alene blive vurderet i forhold til investorens private gevinster, og mængden af FoU vil således aldrig nå det optimale niveau. Dette rationale gælder generelt for offentlig intervention i forskning og udvikling.
- Rummet yder offentlige goder**

Et offentligt gode er defineret som et, hvor man ikke kan udelukke nogle brugere, og hvor én brugers anvendelse ikke skader en anden brugers nytte af godet. Visse rumbaserede tjenester, eksempelvis vejrudsigter og de åbne GNSS-signaler, kan betragtes som offentlige goder, men da de ikke får betaling, er det meget sjældent at kommercielle virksomheder tilbyder offentlige goder.⁶ Satellitkommunikation og visse navigationstjenester er ikke offentlige goder.
- Eksternaliteter**

Brug af rummet skaber samfundsmæssig værdi, idet en borgers brug påvirker en anden aktør positivt (eksempelvis hvis fly skal bruge mindre tid i luften over lufthavne og dermed sparer brændstof og med mindre forurening til følge). Disse eksternaliteter tilfalder pr. definition ikke den part, som foretager investeringen, så det samfundsmæssigt optimale investeringsniveau, som tager hensyn til eksternaliteter, er højere end det private niveau, hvorfor offentlig intervention behøves.

De danske offentlige bevillinger til rummet præsenteres i figur 4. Hovedparten af bevillingerne er gået til ESA, som ud over forskning og missioner, der inspirerer og flytter menneskets forståelse af rummet,⁷ skaber økonomisk aktivitet i Danmark i form af kontrakter til den danske industri. ESA har tillige udviklet den tekniske definition af EU's satellitprogrammer⁸ og varetager udbud af relaterede kontrakter.

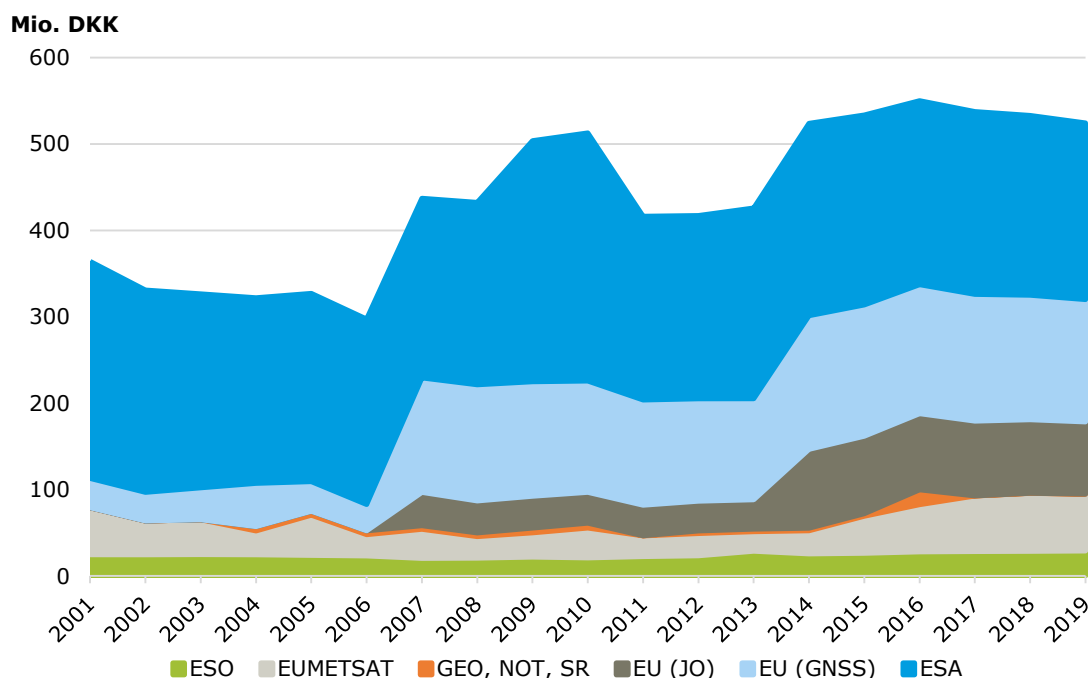
⁵ Rose, N., L. (1986) "The Government's Role in the Commercialization of New Technologies: Lessons For Space Policy", tilgængelig her: <http://economics.mit.edu/files/4342>.

⁶ Indtil 2000 var GPS ikke et fuldkomment offentligt gode fordi Selective Availability (en funktion der forringede præcisionen på den civile GPS-tjenester) var slået til. Med den nyeste generation af GPS satellitter (GPS-III) er Selective Availability ikke længere en mulighed. Som signaler fra alle GNSS er defineret, er det ikke muligt at yde den åbne tjeneste til nogle brugere og udelukke andre. Principielt kunne vejrudsigter gøres betalingspligtige, men i praksis er det svært at forestille sig det etisk forsvarlige i at udelukke dele af befolkningen fra oplysninger med sundhedsimplikationer såsom hedebløgere og kulde (som ville skulle udbedres af et offentligt sygehusvæsen).

⁷ Eksempelvis gennem Rosetta.

⁸ Oprindeligt blev EGNSS (EGNOS og Galileo) og Copernicus udviklet i ESA-regi, men blev siden overtaget af EU.

Figur 4. Danmarks offentlige rumbevillinger (2013-priser)



Kilde: Styrelsen for Forskning og Innovation.

Bemærk: Beslutningen om bevilling til ESA's frivillige programmer træffes normalt for en treårig periode forud for Danmarks forpligtelse i forbindelse med ESA's ministerkonference, hvor beslutninger om fremtidigt budget normalt træffes hvert tredje år. I figuren er fordelingen af bevillingen til ESA's frivillige programmer fordelt over bevillingsåret og de følgende to år. I perioden 2011-2013, hvor princippet om treårige ministerkonferencer blev fravejet er bevillingen i 2011 - alene opført under 2011 og 2012 og bevillingen for 2012 er opført under 2013.

GEO: Group on Earth Observations, Danmarks medlemskab varetages af DMI. NOT: Nordic Optical Telescope, et teleskop på Gran Canaria, som drives af offentlige styrelser i Danmark, Finland, Island, Norge og Sverige. SR: Strategisk Rumforskning, danske midler til rumforskning. EU (GNSS) omfatter de europæiske satellitnavigationsprogrammer EGNOS og Galileo. Ud over disse bevillinger modtager godkendte teknologiske serviceinstitutter også offentlige bevillinger med rumrelevans, men disse er af begrænset omfang i denne sammenhæng.

EUMETSAT⁹ er en overstatslig organisation, som giver medlemslandenes meteorologiske institutter adgang til satellitbilleder, der bruges til vejrudsiger. Ud over observationer fra organisationens egne satellitter giver en aftale med NOAA¹⁰ om gensidig brug adgang til observationer fra NOAA's satellitter.

ESO, European Southern Observatory, er en organisation, der har fire observatorier i Sydamerika, herunder et meget stort teleskop i Chile,¹¹ som er et af de bedste steder at studere nattehimmelen fra jorden. Et nyt teleskop er under opførelse, E-ELT,¹² som danske virksomheder kan vinde kontrakter om levering af udstyr til, og som danske forskere gennem medlemskabet af ESO kan bruge til at fremme forståelsen af verdensrummet. ESO er en vigtig kilde til astronomidata til forskere, og grundet denne rapport's analyse af rummets forskningsmæssige betydning for Danmark er det relevant at inddrage bevillingerne.

⁹ European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites.

¹⁰ USA's National Oceanic and Atmospheric Administration.

¹¹ Very Large Telescope, VLT.

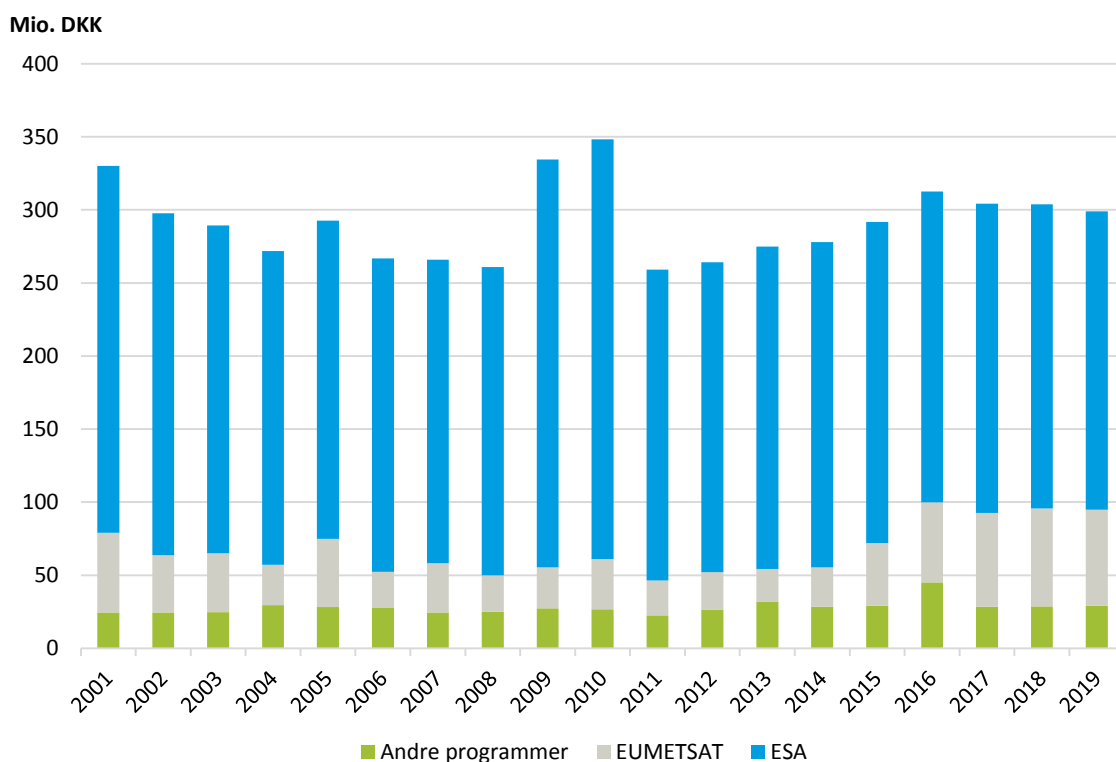
¹² European Extremely Large Telescope.

Udgifterne til EU's satellitprogrammer inden for jordobservation og satellitnavigation er steget i de seneste år og stiger yderligere i løbet af dette årti. Udgifterne er baseret på Danmarks bruttobidrag til EU's budget og andelen af EU's budget, der bruges på programmerne. Inddragelsen af disse indirekte udgifter via EU gør, at de præsenterede bevillinger i Figur 4 er større end de tilsvarende tal præsenteret af OECD i *The Space Economy at a Glance*, som kun præsenterer landes direkte udgifter.

EU's programmer har til hensigt at skabe ny infrastruktur i rummet, som en mængde af downstream-virksomhederne forventes, og hjælpes til, at kommercialisere og udvikle løsninger og teknologier der kan udnyttes til samfundets bedste.

Figur 4 omfatter danske offentlige bevillinger med relevans for rummet på den ene eller anden måde, mens Figur 5 nedenfor præsenterer den snævrere mængde af bevillinger, som er sammenlignelig med de opgørelser, der kan findes i OECD's *The Space Economy at a Glance 2014*.

Figur 5. Danmarks rumbevillinger tilsvarende OECD *The Space Economy at a Glance 2014* (2013-priser)



Kilde: Styrelsen for Forskning og Innovation
 Samme bemærkning som til Figur 4 gælder.

3. RUMOMRÅDETS REELLE OMFANG I DANMARK

3.1 Definition af rumøkonomien

OECD definerer rumøkonomien som 'de aktiviteter, der skaber værdi for mennesket gennem ud-forskning, forståelse, styring og brug af rummet'¹³. Definitionen er således bredere end de traditionelle aktiviteter, der omhandler konstruktion og opsendelse af isenkram fra jorden.

Rummet er ikke en sektor i traditionel statistisk sektorklassifikation (fx NACE). Rumøkonomiens aktører findes i mange forskellige standardsektorer, men fælles for alle sektorer er, at mange aktører, der ikke har aktivitet i rummet, også forefindes.¹⁴ Derfor er det ikke muligt at beregne størrelsen på rumøkonomien ved hjælp af traditionelle statistiske udtræk. I stedet er det nødvendigt at identificere relevante aktører en ad gangen og basere værdiansættelse af rummet på data på virksomhedsniveau.

Med henblik på at identificere relevante virksomheder er det nyttigt at betragte rumøkonomien i mindre dele for at forstå, præcis hvad der menes med definitionen. Figur 6 præsenterer således den **værdikæde**, som anvendes til værdiansættelse af rumøkonomien, tager udgangspunkt i OECD's værdikæde, men indeholder ændringer, der forbedrer den praktiske anvendelse af definitionen.

Figur 6. Værdikæde og aktører i rumøkonomien¹⁵



Kilde: Rambøll og London Economics med udgangspunkt i OECD (2014) *The Space Economy at a Glance 2014*.¹⁶

Grundlæggende set er der tre typer af organisationer i rumøkonomien, hvoraf **kommercielle operatører, forsknings- og offentlige instanser** (blå og grå kasser) kan vurderes at skabe finansiell værdi. I bred forstand tjener begge grupper penge ved aktiviteter relateret til rummet. Industrien

¹³ OECD (2011) *The Space Economy at a Glance 2011*, London Economics oversættelse.

¹⁴ Et tidligt udkast af den ikke-offentliggjorte OECD (2016, forventet) *Handbook on Measuring the Space Economy 2016* rapporterer således, at 18 forskellige af FN's International Standard Industrial Classification-koder har relevans for rumøkonomien.

¹⁵ Se bilag 5 for definitioner af de forskellige aktiviteter.

¹⁶ Yderligere information fra et tidligt udkast til OECD's *Handbook on Measuring the Space Economy 2016* er også indeholdt.

er den mest oplagte type, hvor virksomheder i forskellige led af værdikæden sælger varer og tjenester med forbindelse til rummet.

Universiteter og andre forskningsgrupper er ofte finansieret af to forskellige kilder, henholdsvis indtægter på kommercielle vilkår (eksempelvis gennem salg til ESA eller forskellige typer konsulentarbejde i frit udbud) og gennem offentlige bevillinger. Offentlige instanser (blandt andet selvstændige offentlige virksomheder) er ofte finansieret på samme måde som universiteter. Offentlige instanser, der udvikler egne analyser af rumdata, indgår i denne kategori af enheder i rumøkonomien.

Den tredje gruppe klassificeres bredt som **'brugere'** af rummet (den grønne kasse). Disse virksomheder og instanser adskiller sig fra industrien og de offentlige instanser, idet de ikke genererer omsætning fra rumrelaterede data og produkter, men i stedet anvender disse tjenester med henblik på at reducere omkostninger (tid, input mv.). En landmand, der anvender præcisionslandbrug (baseret på GNSS og evt. jordobservation), er således en del af **rumøkonomien**, men ikke **rumindustrien**. Brugergruppen indeholder foruden private kommercielle aktører også de offentlige styrelser, som anvender rumdata uden at udvikle egne analyser, borgere, der eksempelvis anvender GPS i bilen og brugere af rumrelateret teknologi til ikke-rumaktiviteter (vidensafsmitning).

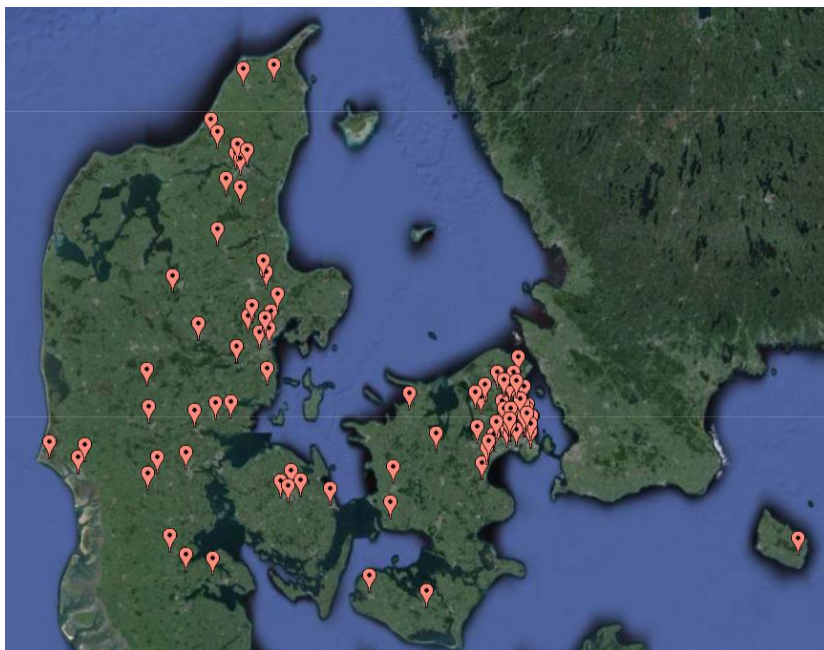
Regnskabs- og beskæftigelsestal præsenteres separat for rumindustrien samt ikke-kommercielle organisationer i dette kapitel. I første del af kapitlet rapporteres resultaterne fra virksomhedsanalysen af rumområdet reelle omfang i Danmark i form af rumrelateret omsætning, beskæftigelse, værditilvækst mv. Herefter kortlægges hhv. forskningsinstitutioner og myndighedernes rumaktivitet i forhold til fordeling og koncentration af aktiviteter, samarbejde med andre organisationer samt midler og ressourcer. Kapitlet afsluttes med en redegørelse for aktørernes bevillinger fra det nationale og internationale forsknings- og innovationssystem.

3.2 Identifikation af relevante aktører

Med fundamentet for analysen på plads er relevante aktører i den danske rumindustri identificeret ved hjælp af en multistrengt tilgang, hvor eksisterende virksomhedslist¹⁷, forskellige internetbaserede databaser (herunder Hjælpe midl edatabasen) samt internetsøgning af rumrelaterede begreber på danske hjemmesider. På denne baggrund blev en samlet bruttoliste med ca. 250 forskellige organisationer tilvejebragt. Efter en nærmere analyse af organisationernes hjemmesider blev ca. 110 filtreret fra, og **144 rumrelaterede virksomheder** blev tilbage. Disse præsenteres i figuren nedenfor, hvor hver nål på kortet repræsenterer en rumrelateret virksomheds hovedsæde.

¹⁷ Styrelsen for Forskning og Innovation bidrog med forskellige lister af rumrelevante virksomheder (se mere information i bilag 1), London Economics' interne lister af rumvirksomheder i Storbritannien (i denne rapport refererer Storbritannien til Det Forenede Kongerige af Storbritannien og Nordirland (UK)) og i GNSS-industrien blev analyseret, og virksomheder med datterselskaber i Danmark udtrukket.

Figur 7. Rumindustriens virksomheder



Kilde: Rambøll og London Economics baseret på virksomhedens registrerede postnummer.

3.3 Metode

Baseret på årsrapporter og hjemmesider er alle virksomheder blevet analyseret. Analysen har estimeret andelen af virksomhedens omsætning, som har rumrelevans, forstået på den måde at analysen kun omfatter den omsætning, der ville blive mistet, hvis satellitterne blev slukket. Endvidere er virksomheder udvalgt således, at det kun er virksomheder, hvor en betydelig del af omsætningen ville blive mistet, der bidrager til analysen. Med andre ord analyseres generelle detailhandlere med enkelte rumrelevante produkter (eksempelvis paraboler eller satellitnavigationsenheder) og mange ikke-rumrelevante produkter ikke. Derpå blev omsætningen videre fordelt på aktiviteterne i værdikæden. For alle virksomheder er analysen foretaget i marts 2016.

Enkelte virksomheder, som enten har en meget diversificeret aktivitetsportefølje eller stor andel af omsætningen genereret fra rumaktiviteter, er herefter blevet interviewet for at sikre højest mulig præcision i analysen. Aktivitetsandelene er efterfølgende fremsendt til Danmarks Statistik, og myndighedens officielle data danner således grundlag for beregningen af omsætning og beskæftigelse. De seneste tilgængelige data fra Danmarks Statistik refererer til 2013, og dette kapitel præsenterer udelukkende data fra det år.¹⁸

Bemærk, at de tal, der præsenteres i dette kapitel, er det bedste estimat for rumaktivitet i Danmark, men fordi rumandele og regnskabsdata refererer til forskellige år, skal data fortolkes med måde. Ikke desto mindre giver forholdet mellem de forskellige typer rumaktivitet med stor sandsynlighed et akkurat billede, og de samlede tal præsenterer en størrelsesorden, der med rimelighed kan forventes at gælde. Universiteter og offentlige myndigheder er interviewet og beregnet separat – uden om Danmarks Statistiks data, og her fremkommer derfor ikke den samme forskel i referencår.

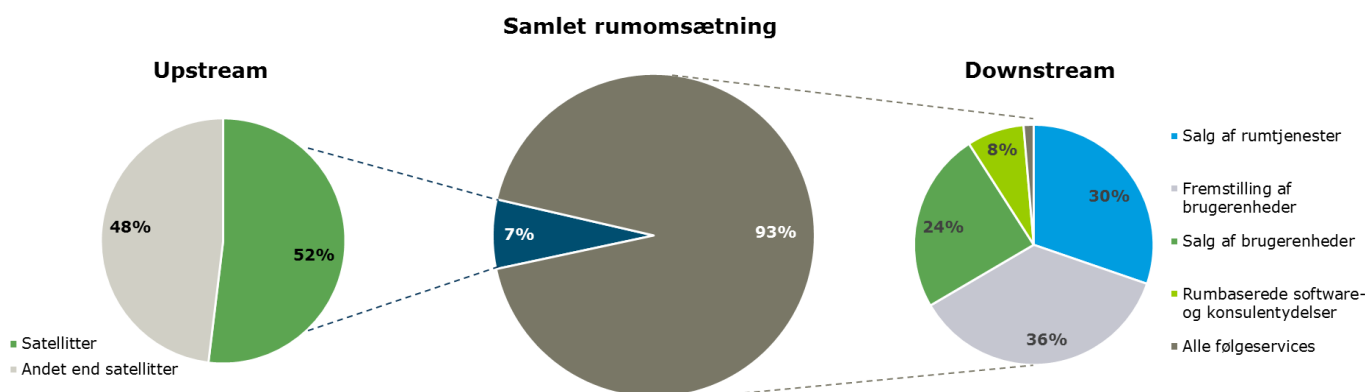
¹⁸ Da rumaktivitet er indsamlet i 2016 (for hovedparten af virksomheder) giver det ikke mening at analysere vækst i virksomhederne baseret på disse data (hvis de samme rumandele tilskrives virksomhederne i 2012, vil resultatet kun vise udviklingen i virksomhedernes samlede omsætning, ikke rumomsætning). Data fra Danmarks Statistik er baseret på højst 127 virksomheder (for de variable med flest datapunkter, hvilket betyder, at mindst 14 af virksomhederne er nyere end 2013). Tilsvarende har vi kendskab til virksomheder, der har drejet nøglen om i den samme periode.

3.4 Erhverv

3.4.1 Rumomsætning

Omsætningen fra rumaktivitet i de 127 virksomheder med tilgængelige data i 2013 beløb sig til **4,4 milliarder DKK**. Det er informativt at studere denne omsætning mere detaljeret ved at betragte de respektive værdier i forskellige dele af værdikæden. Imidlertid har Danmarks Statistik et rapporteringskrav som gør, at minimum 10 virksomheder skal ligge til grund for de præsenterede data. Af denne grund, er værdikæden blevet konverteret og grupper med få virksomheder slået sammen. Den præcise konvertering er beskrevet i bilag 3. Figur 8 nedenfor præsenterer omsætning pr. værdikædeelement, som opfylder Danmarks Statistiks rapporteringskrav.

Figur 8. Rumomsætning pr. værdikæde



Kilde: Rambøll og London Economics' analyse og data fra Danmarks Statistik.

Note: Salg af rumtjenester omfatter operation af jordstationer og satellitter samt salg af båndbredde til satellitinternet, -telefoni og parabol-tv.

Danmarks rumomsætning skabes således i høj grad i downstream-elementet, hvor isenkram i rummet kommerialiseres og sælges til brugere. Til sammenligning viser en partiel analyse af Danmarks ESA-kontrakter, at det er upstream-aktiviteterne, der henter flest penge (mere end 80 % af den samlede kontraktværdi i 2013). Salg til ESA udgør omtrent 40 % af upstream-sektorens samlede omsætning.

I tabel 2 nedenfor sammenlignes rumomsætningen i hhv. upstream- og downstream-sektoren i den danske rumøkonomi med fordelingen imellem disse i den globale rumøkonomi.

Tabel 2. Global rumomsætning

	Værdi 2013, OECD		Andel globalt	Andel DK
Samlet rumomsætning	1.387,6 mia. DKK	(256.242 mio. \$)		
Upstream	460,5 mia. DKK	(85.042 mio. \$)	33 %	7 %
Downstream	880,7 mia. DKK	(162.932 mio. \$)	67 %	93 %

Kilde: OECD (2014) The Space Economy at a Glance.

Note: Valutakonvertering baseret på xe.com for 31. december 2013.

Af tabellen ses, at upstream-sektorens andel af den samlede rumomsætning globalt set udgør 33 %. Danmarks upstream-sektor udgør således, med 7 % af den danske rumomsætning, en betragteligt lavere andel af rumomsætningen end det globale gennemsnit. Efter vedtagelsen af Lov om

Aktiviteter i det ydre rum¹⁹ er det tænkeligt, at det danske upstream-segment vil vokse, fordi danske såvel som udenlandske virksomheder får mulighed for at registrere og styre satellitter i Danmark. I så fald vil det være nærliggende at købe satellitter og komponenter fra den lokale industri, som det alt andet lige vil være nemmere at forhandle og kommunikere med undervejs i projektet. Danmarks upstream-segment er imidlertid hæmmet af, at Forsvaret som organisation historisk ikke har haft efterspørgsel efter satellitter tilsvarende eksempelvis forsvarene i Storbritannien, USA m.fl. med det resultat, at de sikre offentlige kontrakter, der tilfalder konkurrenter i andre lande, ikke på samme måde har været tilgængelige i Danmark.

Selv med den mest snævre definition af downstream, som man kan forestille sig, hvor kun fremstilling af enheder, der bruges på jorden til at dekodere signaler fra satellitter (GNSS og satellitkommunikation), ville downstream stadig være det klart største værdikædeelement – fem gange større end upstream.

Grundet rumøkonomiens definition, samt at den ikke figurer selvstændigt i officielle statistikker, er der betydelige udfordringer ved sammenligninger på tværs af lande. Rapporten *The Space Economy at a Glance* er den bedste kilde til sammenligninger, men også denne publikation er begrænset af tilgængelige data. Tabel 3 sammenligner de danske omsætningstal med Storbritannien, Norge, Schweiz og Østrig baseret på de bedste tilgængelige data. Storbritanniens tal følger den samme definition som denne rapport.

Tabel 3. Danmark sammenlignet med andre lande (2013, hvis ikke andet er angivet), mio. DKK

	Danmark	Storbritannien	Norge (2012)	Schweiz	Østrig (2011)
Rumomsætning	4.389	105.911			929‡
Upstream	304	8.141	6.101†		
Downstream	4.085	97.770		1.824*	

Note: Valutakonvertering baseret på xe.com for 31. december i året.

Bemærk: †: Norges tal refererer primært til upstream-aktiviteter; *Schweiz' tal refererer alene til den største downstream-virksomhed, RUAG. Store GNSS virksomheder (Garmin, Leica Geosystems, og U-Blox, m.fl.) er registrerede i Schweiz. ‡: Indeholder også forskningsbevillinger.

I tillæg til forskelle i definitioner og afgrænsninger bliver sammenligninger på tværs af lande også vanskelige, idet lokale faktorer spiller ind både industrielt og geografisk. Eksempelvis er den største britiske rumvirksomhed parabol-tv-virksomheden Sky, som leverer signal til ca. 11 millioner britiske hjem. Virksomheden omsatte for mere end 7,2 mia. britiske pund i 2013, hvoraf ikke alt er rumrelateret. Dette står i stærk kontrast til forholdene på det tilsvarende danske marked, hvor parabol-tv leveres af Viasat og Canal Digital, som begge er datterselskaber af nordiske distributionsfirmaer (henholdsvis svenske MTG og norske Telenor). Den samlede omsætning for de to danske virksomheder i 2013 var ca. 1,5 mia. DKK. – dvs. godt 45 mia. DKK lavere end Skys omsætning samme år.

Ud over Sky adskiller den britiske rumøkonomi sig fra den danske ved tilstedeværelsen af Airbus Defence and Space, som producerer ca. 25 % af verdens kommunikationssatellitter, og Inmarsat, den største virksomhed inden for mobil satellitkommunikation.

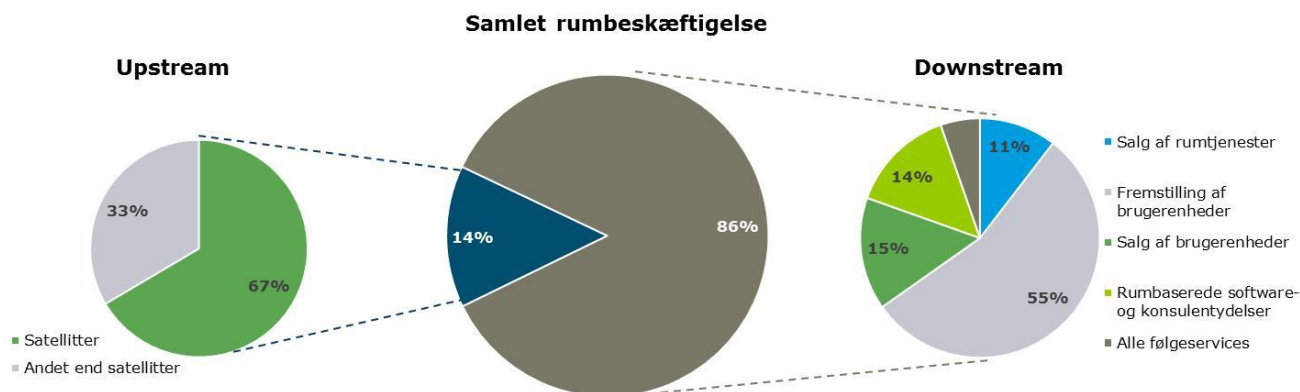
Også i Norge, der er et land vi ofte sammenligner os med, spiller lokale faktorer ind og gør markedsgrundlaget svært sammenligneligt. Norges rumøkonomi hjælpes af landets nordlige placering, hvor eksempelvis Kongsberg Satellite Services i Tromsø og på Svalbard nyder godt af adgang til kommunikation med jordobservationssatellitter i kredsløb over Nordpolen.

¹⁹ <http://www.ft.dk/samling/20151/lovforslag/L128/index.htm>.

3.4.2 Beskæftigelse

Virksomhederne i den danske rumøkonomi beskæftigede ca. **1.550 fuldtidsansatte** i 2013. Lige- som tilfældet var for omsætning, findes hovedparten af beskæftigelsen i downstream-segmentet, hvor 86 % af den samlede arbejdsstyrke er beskæftiget.

Figur 9. Rumbeskæftigede pr. værdikæde



Kilde: Rambøll og London Economics' analyse og data fra Danmarks Statistik

Beskæftigelsen i satellitproduktion (inklusive systemer og komponenter) samt fremstilling af brugerenheder udgør en større andel af den samlede beskæftigelse end aktiviteten udgør af omsætning, mens salg af rumtjenester (inkl. parabol-tv) beskæftiger relativt færre ansatte end omsætningsandelen.

Tabellen herunder viser fordelingen af rumbeskæftigede pr. region.²⁰

Tabel 4. Rumbeskæftigelse pr. region, 2013

Region	2013
Hovedstaden	47,7 %
Nordjylland	23,6 %
Midtjylland	12,6 %
Syddanmark	12,4 %
Sjælland	2,2 %
Ukendt	1,5 %

Kilde: Rambøll og London Economics' analyse og data fra Danmarks Statistik

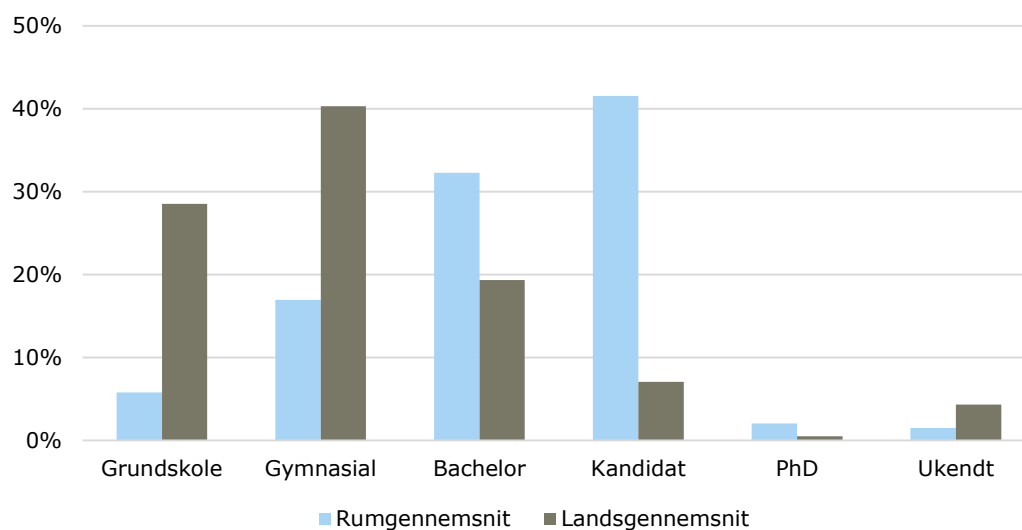
Virksomhederne i Region Hovedstaden, som huser lige under en tredjedel af den danske befolkning, beskæftiger knap halvdelen af Danmarks rumbeskæftigede. Også i Region Nordjylland, der med blot 10 % af Danmarks befolkning huser næsten en fjerdedel af landets rumbeskæftigede, er koncentrationen af rumbeskæftigede høj.

Figuren nedenfor viser antallet af rumbeskæftigede fordelt efter uddannelsesniveaue og sammenlignet med landsgennemsnittet.²¹

²⁰ Da analysen er baseret på registerdata, er det ikke muligt at analysere rumbeskæftigede alene. Metoden for beregning af den geografiske udbredelse af rumbeskæftigelse antager således, at den geografiske udbredelse af den samlede medarbejderstab i en virksomhed er den samme for de ansatte med rumrelevans.

²¹ Befolkningen (15-69 år). Denne analyse følger samme fremgangsmåde som beskrevet i ovenstående fodnote.

Figur 10. Uddannelsesniveau



Kilde: Rambøll og London Economics' analyse. Data fra Danmarks Statistik.

En langt større andel af medarbejderne i virksomheder i rumøkonomien har en lang videregående uddannelse (41,5 % i forhold til 7,1 % i befolkningen som helhed). 2 % af rumansatte er i besiddelse af en ph.d., mens andelen for resten af befolkningen er 0,5 %.

3.4.3 Værditilvækst

Af omsætningen på 4,4 mia. DKK i 2013 skabte rumøkonomien en bruttoværditilvækst på 1,2 mia. DKK med en arbejdsproduktiviteten (bruttoværditilvækst pr. medarbejder) på ca. 750.000 DKK pr. ansat. Landsgennemsnittet (beregnet som BNP delt med arbejdsstyrken) er ca. 700.000 DKK pr. ansat.

3.4.4 Import og eksport

Rumøkonomien er, med 59 % af omsætningen genereret uden for Danmark, meget eksportorienteret. Upstream-sektoren eksporterer 94 % af sin omsætning, mens det samme tal for downstream er 58 %. De korresponderende tal fraregnet ESA-omsætning, som er ren eksport, er henholdsvis 91 % for upstream og 58 % for downstream. Dette dækker dog over store forskelle de forskellige downstream-aktiviteter imellem. Således eksporterer salg af rumtjenester (herunder parabol-tv) ca. 11 %, mens fremstilling af brugerenheder er oppe på 95 % i eksportandel.

Importandelen viser på den anden side, at leverandører til upstream-virksomheder i højere grad er danske (import svarer til 21 % af omsætning), mens downstream-virksomheder importerer hvad der svarer til 55 % af omsætningen.

At virksomheder i rumøkonomien bidrager positivt til betalingsbalancen med et overskud på 318,5 mio. DKK i 2013 skyldes således i høj grad upstream-sektoren.

3.5 De danske universiteter

Danmark har indtil for nylig været en lille, men stadig traditionel rumforskningsnation og fokus har været på nicheområder inden for rumforskning og levering af rumfartsteknologier. Udviklingen og opsendelsen af den første danske satellit, Ørsted-satellitten i 1999, var kulminationen på en videnskabelig og teknologisk kraftanstrengelse fra flere universiteter, institutter og virksomheder, og Ørsted-satellitten banede for alvor vejen for dansk forskning og førte dansk industri ind på markedet for rumfartsudstyr.

3.5.1 Fordeling og koncentration

Det suverænt største danske universitetsforskningsmiljø befinder sig på og omkring DTU. I 2015 havde DTU Space alene omkring 80 videnskabelige fuldtidsansatte og 200 studerende beskæftiget med rumrelaterede aktiviteter. Ud over DTU Space beskæftiger syv andre institutter på DTU sig med rumrelaterede aktiviteter, men her er volumen langt mindre. På DTU Aqua og DTU Miljø vurderes det eksempelvis, at henholdsvis 0,5 og 2 fuldtidsansatte er beskæftiget med rumrelaterede projekter suppleret med fem studerende.

Målt i videnskabelige fuldtidsansatte er der også tale om mindre miljøer på de andre danske universiteter. På Aalborg Universitet, der har opsendt fem egne satellitter og været en af hovedleverandørerne til ESA Educations SSETI EXPRESS, vurderes de videnskabelige fuldtidsansatte der beskæftiger sig med rumrelaterede projekter at udgøre otte årsværk. At dette er muligt skyldes udelukkende, at de studerende beskæftiget med rumrelaterede projekter udgør en væsentlig del af volumen på de enkelte universiteter. Det fremhæves fra alle sider, at de danske universiteters indsats på området ikke ville være mulig uden de studerende og frivillige og de mange timer, de lægger heri.

Tabellen nedenfor angiver et skøn for antallet af videnskabelige årsværk – der samlet set beskæftiger sig med rumforskningsrelaterede projekter på de danske universiteter – opdelt på de enkelte institutter. Tallene skal ses som skøn, idet der for de enkelte institutter optræder forskelle i, hvorvidt postdocs og ph.d.-studerende er medtaget i opgørelserne. Der er også spurgt ind til antallet af studerende, der tager meritgivende point relateret til rumområdet, men en samlet oversigt over disse opgørelser er udeladt grundet relativt store udsving i opgørelsesmetode fra institut til institut. Det skal dog understreges, at de studerende som tidligere nævnt udgør en væsentlig del af volumen på de enkelte universiteter.

Table 5. Universiteternes skøn over videnskabelige årsværk beskæftiget med rumrelateret forskning på de enkelte institutter

Universitet	Institut	Videnskabelige årsværk
AU	Miljøvidenskab	4
AU	Biomedicin	5,5
AU	Fysik	22
AU	Geoscience	<i>Ikke oplyst</i>
AU	Kemi	15
DTU	DTU Compute	2
DTU	DTU Kemi	0
DTU	DTU Vind	<i>Ikke oplyst</i>
DTU	DTU Space	80
DTU	DTU Elektro	5
DTU	DTU Miljø	2
DTU	DTU Aqua	0,5

Universitet	Institut	Videnskabelige årsværk
DTU	DTU Byg	0,5
DTU	DTU Fysik	0
DTU	DTU Management Engineering	0
KU	Datalogisk Institut	2
KU	Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning	2
KU	Kemisk Institut	6
KU	Niels Bohr Institutet	12
KU	Statens Naturhistoriske Museum	<i>Ikke oplyst</i>
KU	Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet (SUND)	1
SDU	Det Tekniske Fakultet	<i>Ikke oplyst</i>
SDU	Det Naturvidenskabelige Fakultet (CP3)	10
SDU	Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet	<i>Ikke oplyst</i>
AAU	Aalborg Universitet	8
Videnskabelige årsværk i alt		177,5

Kilde: Interviews med de enkelte forskningsinstitutioner.

En vigtig pointe i forhold til de studerende er desuden rummets unikke styrke som undervisningsområde, hvilket fremhæves fra flere sider. Der peges på, at rummet har en særlig evne til at motivere unge i dag til at tage naturvidenskabelige og tekniske uddannelser, og at området fascinerer som få andre undervisningsområder. Der ses derfor uudnyttede potentialer i forbindelse med rummet som undervisningsområde. Disse bunder ikke blot i Andreas Mogensens nylige mission til rummet, men også det brede spekter af emner og muligheder for tværfaglige forløb, hvor rummet kan indgå, og bidrage til at give indsigt i mere grundlæggende undervisningsemner. Eksempelvis fremhæves et undervisningsområde som bemandede rumfart (rumfysiologi) som en god indgang til læren om kroppens fysiologi.

3.5.2 Samarbejde med andre organisationer

Kendetegnende for rumområdet er, at der er tale om et meget forskningstungt område, og både virksomheder og universiteter peger på en unik grad af gensidig afhængighed mellem de to parter. Den danske forskning og den nye viden, den genererer, er således helt essentiel i forhold til den erhvervsmæssige udvikling.

Generelt tegner der sig et billede af, at samarbejdet mellem universiteterne og virksomhederne i høj grad allerede er til stede, og at det langt hen ad vejen er utroligt vellykket. Der peges eksempelvis på meget vellykkede samarbejder i forhold til instrumentbygning, samt at flere af universiteternes bidrag til, at nano-satellitter har udviklet sig til et vækstområde i rumøkonomien. Både virksomheder og universiteter fremhæver at have glæde af hinanden og ser fortsat mange uudnyttede muligheder.

Universiteterne spiller også en væsentlig rolle i forhold til myndighederne inden for en række bestemte områder. Her fremhæves særligt det danske engagement i Arktis og farvandsovervågning i forbindelse med opretholdelse af dansk suverænitet.

Også inden for bemandede rumfart peges på, at der på flere projekter ses et relativt kort pay-off, hvor den genererede rumrelaterede viden inden for en begrænset tidshorisont kommer almindelige patienter til gavn, da udviklingen af medicinsk udstyr og forskningsforsøg på mennesker i rummet samtidig giver os bedre idé om sygdomme og helbred for resten af de men-

nesker, der befinder sig på jorden. Danske forskere har som eksempel afviklet en stribe vægtløshedsflyvninger gennem ESA samt samarbejdet med forskergrupper ved NASA. Formålet med disse eksperimenter er at undersøge blod- og væskeforskydninger i vægtløshed og konsekvenser heraf for hjernens tryk og blodforsyning. Det har givet de danske forskere mulighed for at deltage i de første direkte målinger af hjernens tryk i vægtløshed, og den nye viden vil komme ikke blot astronauter, men også en bred gruppe af neurologiske og neurokirurgiske patienter til gode. Samarbejdet er voksende og involverer nu både KU og kliniske afdelinger på Rigshospitalet og Glostrup Hospital.

Universiteterne ser dog en generel tendens til, at mange myndigheder i dag anvender rumrelaterede teknologier og viden uden at være bevidste om det og ser herudover mange uudnyttede anvendelsesmuligheder i forbindelse med myndighedsopgaver. Samarbejdet med myndighederne vurderes på denne baggrund at kunne styrkes væsentligt.

3.5.3 Midler og ressourcer

På trods af en høj grad af specialisering og et forholdsvis højt aktivitetsniveau relativt til den lave kritiske masse på universiteterne vurderes det samlede forskningsmæssige bidrag at være kvantitativt begrænset i en international sammenhæng. Dette skyldes blandt andet, at danske forskere grundet relativt få midler samt et begrænset antal topforskere har svært ved at følge med efterspørgslen på anvendelsesorienteret forskning til både virksomheder og offentlige myndigheder.

Det er flere steder kommet til udtryk, at forskergrupper ikke i større omfang søger det nuværende forsknings- og innovationsmæssige bevillingssystem på trods af rumprojekternes brede spændvidde. Samme tendens kan iagttages ved ansøgninger til Horizon 2020. Dette bunder, ifølge flere udsagn, blandt andet i, at:

- Det er **en udfordring at komme i betragtning til flere af forskningspuljerne**, når man som de danske universiteter har studerende med på projekterne, da disse projekter så opfattes som projekter med et undervisningsperspektiv frem for et forskningsperspektiv.
- Der er for **få personer til at søge midlerne**. Det begrænsede antal årsværk beskæftiget med rumrelaterede aktiviteter på de enkelte universiteter gør, at de enkelte forskere er nødsaget til at allokere en relativt stor del af deres tid til at søge midler.
- I tråd med ovenstående peges på, at **ansøgningsprocesserne i mange tilfælde er meget omfangsrige og succesraten omvendt er lav**. Således undlader flere at søge bestemte puljer, medmindre de er i samarbejde med NASA eller andre organisationer, der har ressourcerne til at søge.

De danske universiteter understreger desuden vigtigheden af det danske bidrag til og engagement i de store europæiske missioner. ESA-satellitter som Euclid og Planck giver dansk forskning unikke muligheder for at generere ny viden, og det danske bidrag til Planck er et godt billede på, hvorfor netop de europæiske missioner er gavnlige for udviklingen af dansk forskning. Planck-satellitten foretager den hidtil mest præcise kortlægning af den kosmiske baggrundsstråling, der stammer helt tilbage fra tiden lige efter Big Bang. Missionens hovedinstrument er et 4 meter langt og 2 tons tungt teleskop, der er forsynet med et delvist dansk udviklet spejl til måling af den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling. Via baggrundsstrålingen er det muligt at kortlægge universets tidligste strukturer med en hidtil uset nøjagtighed.

3.5.4 Andre forskningsmiljøer

Ud over den forskning, der foregår på universiteterne, er det vigtigt at holde sig for øje, at der også foregår forskningsaktiviteter i andre miljøer, samt at en væsentlig mængde af forskning og udvikling finder sted i de private virksomheder. Et eksempel herpå er DMI, der beskæftiger et betydeligt antal årsværk inden for forskning og som gennem mere end 30 år har publiceret en lang

række forskningsartikler, både gennem medarbejdere ansat i DMI og i samarbejde med eksterne aktører.

3.6 Offentlige myndigheder

Den 8. maj 2015 fik uddannelses- og forskningsministeren overdraget det ressortmæssige ansvar for 1) sager vedrørende regulering af danske aktiviteter i det ydre rum, 2) for deltagelse i internationalt samarbejde om aktiviteter i det ydre rum samt 3) for koordinering og samarbejde mellem danske myndigheder med rumrelaterede ansvarsområder. I forhold til myndighedsvaretagelsen, og dermed ansvaret for dansk udbytte af rumområdet, er denne fordelt mellem en række ministerier, der hver især bidrager med kompetencer inden for deres respektive fagområder, og som i større eller mindre grad anvender rumbaserede systemer.

Som et led i det samlede analyse- og evidensgrundlag er der gennemført en afdækning af de danske myndigheders nuværende og fremtidige behov for anvendelse af rumbaserede data og produkter. Afdækningen er dels baseret på eksisterende viden om den aktuelle myndighedsvaretagelse og myndighedernes rumrelaterede aktiviteter, dels på interview med repræsentanter for ressortministerierne, tilknyttede styrelser og statslige aktører.

Interviewene med statslige myndigheder og aktører peger på, at myndighedernes nuværende og fremtidige behov for data og produkter fra rumområdet i særlig grad vedrører følgende områder:

- Jordobservation
- Satellitnavigation
- Sikkerhed og beredskab
- Telekommunikation
- Arktiske initiativer.

En række ministerier og styrelser er aktive brugere af data og produkter fra rumområdet. Det omfatter bl.a. Danmarks Meteorologiske Institut (under Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet), Forsvarsministeriet, NaturErhvervstyrelsen (under Miljø- og Fødevareministeriet), Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (under Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet), Søfartsstyrelsen (under Erhvervs- og Vækstministeriet).

Data fra satellitter indgår direkte i DMI's vejrmodeller og er dermed et hovedelement i instituttets kerneforretning. Derudover forsker DMI inden for satellitområdet og deltager i en lang række internationale forskningssamarbejder. DMI er således blandt de største forskningsmiljøer inden for remote sensing i Danmark. Forsvaret benytter mange former for rumrelaterede ydelser og data. Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering understøtter bl.a. Forsvaret med geodata både nationalt og internationalt, ligesom styrelsen repræsenterer Danmark i internationale geodata-samarbejder og i det arktiske samarbejde under Arktisk Råd. NaturErhvervstyrelsen bruger satellitdata i sagsbehandlingen, når der udbetales støtte til landmænd – samt i kontrolsammenhæng. Søfartsstyrelsen benytter satellitdata til ruteplanlægning, maritim fysisk planlægning, havnestatskontrol mv. Som det fremgår, benytter danske myndigheder således i betydeligt omfang data og produkter fra rummet. Derudover eksisterer der et væsentligt samarbejde mellem myndigheder – især på modne ressortområder som søfart, transport og forsvar.

Endelig viser analysen på dette punkt, at flere myndigheder arbejder aktivt med at implementere nye anvendelser af data og produkter fra rummet. Det gælder eksempelvis i NaturErhvervstyrelsen, som er begyndt at benytte satellitdata i deres arbejde med administration og kontrol af arealstøtte til landmænd samt i forbindelse med overvågning af fredet natur. Øget brug af data og produkter fra rummet giver mulighed for at effektivisere interne arbejdsgange, ligesom de åbner for mulighed for at fokusere myndighedsvaretagelsen, eksempelvis i forhold til kontrol i forbindelse med udbetaling af landbrugsstøtten.

I tillæg hertil rummer data og produkter fra rumområdet mulighed for at reducere miljø- og klimabelastningerne. NaturErhvervstyrelsen og landbrugsorganisationen SEGES har i fællesskab købt løsningen "CropSAT", som de stiller gratis til rådighed for landbruget. Gennem denne løsning kan man via satellitbilleder beregne et vegetationsindeks, der viser biomassen på marken, og herudfra er det muligt at danne et kvælstoftildelingskort, således at landbruget kan foretage en bedre fordeling af kvælstofmængden.

Også på det kommunale niveau giver data og produkter fra rumområdet nye muligheder, herunder ikke mindst i forhold til byudvikling og eksempelvis klimasikring. I Danmark anvendes JO forsøgs-mæssigt i Thyborøn, hvor målet er at nå frem til en komplet fremskrivning af de næste mange års landhævninger og -sænkninger, hvilket udgør et væsentligt element i planlægningen af den lokale klimatilpasning. Fremskrivningen sker bl.a. i samarbejde med Kystdirektoratet og Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering. En del af undersøgelserne baseres på en 3D-model af undergrunden og dens relationer til de registrerede sætninger. For at 3D-modellen kan klarlægge årsagen til, at landet synker eller hæver sig, bliver den sammenholdt med viden fra op til 100 år gamle målepunkter i Thyborøn samt jordobservationsbilleder.

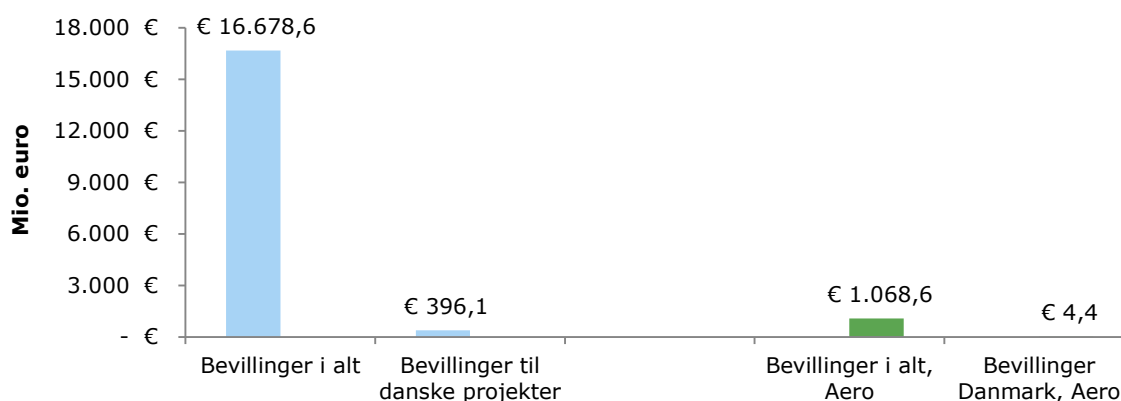
3.7 Rumprojekters succesrate i bevillingssystemerne

Danske rumprojekter kan finansieres gennem det forsknings- og innovationsmæssige bevillingssystem nationalt som internationalt. Dette omfatter primært Horizon 2020 og tidligere rammeprogrammer. I det følgende gøres rede for danske rumprojekters bevillinger fra systemet.

3.7.1 EU's rammeprogrammer

Nedenstående figur viser, at Danmark i alt hentede omtrent 396 mio. euro hjem til forskning fra EU's 6. rammeprogram, hvilket svarer til omtrent 2,4 % af de samlede midler.

Figur 11. FP6, samlede bevillinger



Kilde: Data fra Styrelsen for Forskning og Innovation vedr. projekter med dansk deltagelse i EU's 6. rammeprogram.

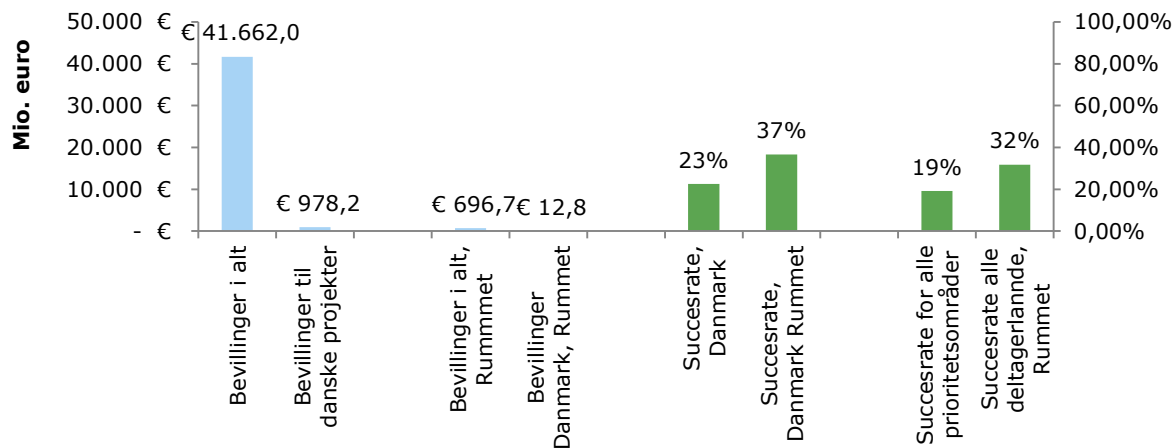
På området for luft og rumfart fik Danmark samlet bevilget 4,4 mio. euro for perioden. I forhold til det danske udbytte af FP6, hentede vi derfor relativt færre midler inden for rumforskning sammenlignet med de øvrige prioritetsområder. Desværre er det ikke muligt at måle succesraten for den danske deltagelse, da tallene fra Europa-Kommissionen udelukkende indeholder oplysninger om bevilgede projekter.²²

Figuren nedenfor viser, at Danmark sammenlagt modtog 2,4 % (omtrent 978 mio. euro) af midlerne fra rammeprogrammet FP7. Omtrent 12,8 mio. euro af disse var hentet hjem til rumforskning. Danmarks succesrate for ansøgninger til rumrelaterede projekter lå væsentligt over succesraten for

²² Aero-området omfattede ikke kun rummet, men også luftfart.

de øvrige danske ansøgninger, 37 % i henhold til 23 %. Denne tendens var generel for deltagerlandene; den gennemsnitlige succesrate på rumområdet var højere end den gennemsnitlige succesrate for alle prioritetsområderne. Succesraten for alle deltagerlandene på rumområdet var 32 %, hvilket var 5 procentpoint lavere end Danmarks. Danmarks succesrate på rumområdet var altså højere end andre deltagerlandes og var højere end Danmarks øvrige succesrater.

Figur 12. FP7, samlede bevillinger og succesrater

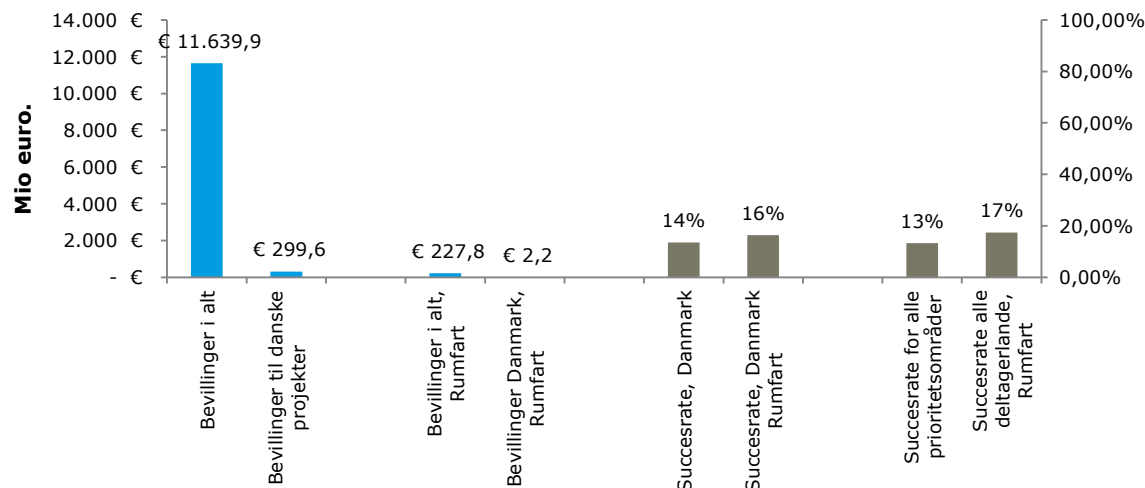


Kilde: Data fra Styrelsen for Forskning og Innovation vedr. projekter med dansk deltagelse i EU's 7. rammeprogram.

3.7.2 Horizon 2020

Danmark havde ved udgangen af 2015 hentet 299,6 mio. euro fra Horizon 2020, hvilket svarer til 2,57 % af de uddelte midler fra programmet. Det danske hjemtag fra Horizon 2020 på rumområdet udgjorde ved udgangen af 2015 i alt 2,2 mio. euro, svarende til 0,98 % af de, på rumområdet, samlede uddelte midler fra programmet. Hjemtaget på rumområdet ligger således relativt lavere. Ser vi nærmere på succesraten, lå denne ved udgangen af 2015 samlet set på 13,51 %, mens succesraten på rumfartsområdet udgjorde 16,34 %. Succesraten er dermed relativt højere på rumområdet.

Figur 13. Horizon 2020, samlede bevillinger og succesrater



Kilde: Data fra Styrelsen for Forskning og Innovation vedr. danske ansøgninger til Horizon 2020.

4. SAMFUNDSØKONOMISKE GEVINSTER

Rummet gennemsyrrer den moderne verden, og data fra satellitter anvendes i dag i mange af samfundets sektorer, uden at de fleste tænker over det. Fra vejrudsigter til søredning, fra præcisionslandbrug til direkte tv og fra olieudvinding til navigation i bil og til fods er disse rumbaserede data bærende og ofte uundværlige.

Der er få samfundsudfordringer, der kan løses af rummet alene, men samtidig få der kan løses godt og effektivt uden.

- Norsk langtidsplan for rummet 2010-2013

Grundet den udbredte anvendelse af rummet, og den rolle rumbaserede data og produkter ofte spiller, er det meget vanskeligt at indsamle tilstrækkelig information til en fyldestgørende analyse af de samfundsøkonomiske gevinster ved rummet. I mange tilfælde er gevinsterne af en sådan karakter, at kvantificering er vanskelig, og monitesering umulig baseret på eksisterende viden. Som den norske langtidsplan for rummet anskueliggør, er der endvidere udfordringer forbundet med at værdiansætte bidraget fra rummet til løsning af opgaver. Værdiansættelser af samfundets gevinster ved rummet er derfor ofte præget af mangel på data og følgelig risiko for at rummets reelle værdi underestimeres. Især de tilfælde, hvor livstidsgevinster ved rumprojekter søges beregnet før projektets afslutning, er udsatte for denne risiko, da mange anvendelser af rumdata og -produkter ligger uden for den ved projektets definition forventede anvendelsesmængde. I dette kapitel belyser vi samfundets gevinster ved rummet gennem forskellige perspektiver for at opnå den bredest mulige dækning.

Først placeres brug af rummet i de almindelige statistiske sektorer for at illustrere bredde, og dernæst rapporteres resultater fra internationale studier af jordobservation, meteorologi og navigation med konvertering til danske forhold baseret på indikative fordelingsnøgler. Afsnittet afsluttes med et mere detaljeret billede af brug af rummet i enkelte, væsentlige dele af samfundet.

4.1 Rummets indflydelse på andre brancher

I 2010 udtalte Georgette Lalis, direktør for forbrugervarer og EU's satellitnavigationsprogrammer i Kommissionens Generaldirektorat for Enterprise og Industri, at *"Værdien af økonomiske aktiviteter der støttes af GNSS, er estimeret til 6 % til 7 % af EU's samlede BNP – ca. 800 mia. euro. Og dette er et konservativt estimat."*²³

Som udtalelsen illustrerer, er værdien af rummets samfundsmæssige bidrag tidligere forsøgt estimeret. Satellitnavigation (GNSS) tilskrives således betydning for mindst 6 % af EU's samlede BNP i 2010. Dertil kan lægges de økonomiske aktiviteter, der støttes af jordobservation og satellitkommunikation samt afsmittende virkninger af teknologi, der blev udviklet til rummet, men fandt anvendelse på jorden.

Problemet med denne type udsagn er imidlertid, at analysen nemt kommer til at virke utroværdigt optimistisk. En gennemgang af bruttoværditilvæksten i 117 danske brancher i 2012 viser således, at de 28 brancher, der med meget stor sandsynlighed anvender GNSS i et vist omfang, producerer 23 % af Danmarks bruttonationalprodukt. Skønt GNSS er et (væsentligt) input i disse brancher, kan man ikke argumentere for, at GNSS alene har genereret i nærheden af denne værdi.

I stedet er det nyttigt at betragte de forskellige brancher i den danske økonomi og bringe eksempler på, hvordan rummet anvendes i de forskellige brancher. Tabellen nedenfor viser 22 statistiske sektorer med bruttoværditilvækst og korte eksempler på, hvordan rumdata og -produkter kan anvendes.

²³ Se <http://www.gsa.europa.eu/news/support-egnos-and-galileo-crucial-europes-citizens> for mere information (tilgået 6. maj 2016).

Tabel 6. Brug af rummet i statistiske sektorer

Branche	Bruttoværditilvækst (mio. 2010-kr - 2014)	Eksempler på rumanvendelse
Landbrug, skovbrug og fiskeri	20,849	Præcisionslandbrug anvender JO og GNSS , fiskere anvender GNSS til at finde tilbage til steder.
Råstofindvinding	36,450	JO til identifikation af naturligt olieudslip; GNSS til detaljerede undersøgelser, forboringer og placering af boreplatforme; satellitkommunikation til undersøgelsesstadiet og til brug på platforme.
Fremstilling	161,286	<i>Begrænset anvendelse</i> , nogle virksomheder er en del af rumøkonomien
Energiforsyning	25,383	Gas- og elektricitetsnet synkroniseres vha. såkaldte Phasor Measurement Units (PMU), som kan bruge GNSS til at opnå præcis tidinformation fra satellitter. Denne viden bruges til at identificere kilden til ustabilitet.
Vandforsyning og renovation	12,388	Noiseloggers med GNSS anvendes på visse netværk. Kunne anvendes i Danmark.
Bygge og anlæg	76,015	JO kan anvendes til tidlig inspektion af byggegrunde eller bygninger der skal nedrives. GNSS bruges til at sikre, at bygninger placeres korrekt og satellitkommunikation kan bruges hvor bredbånds- og mobilnet ikke dækker endnu.
Handel	177,450	<i>Ingen anvendelse for en gros. For detailhandel begrænset til at kunder finder butikken (GNSS).</i>
Transport	109,145	GNSS til navigation, JO (via DMI) til planlægning og satellitter til kommunikation på havene.
Hoteller og restauranter	23,272	<i>Begrænset til at gæster finder vej til stedet.</i>
Forlag, tv og radio	22,634	Direkte tv-transmission gennem kommunikationssatellitter samt levering af satellit-tv.
Telekommunikation	29,582	GNSS til synkronisering af netværk (mobil, kobber, fiber) samt potentielt kommunikationssatellitter til backhaul.
It- og informationstjenester	33,840	<i>Begrænset anvendelse, GNSS i apps.</i>
Finansiering og forsikring	90,726	GNSS tid anvendes til at registrere det præcise transaktionstidspunkt. Bruges af banker, investeringsfirmaer, børser samt i pengeautomater. JO til evaluering af skader, og GNSS forebyggelse ved tracking.
Fast ejendom	155,376	<i>GNSS anvendes til fastlæggelse af ejendomsgrænser</i>
Liberale, videnskabelige og tekniske tjenesteydelser	84,511	<i>Begrænset anvendelse</i>
Rejsebureauer, rengøring og anden operationel service	50,617	<i>Anvendelse begrænset til medarbejdernavigation og -monitorering samt tracking af udlejet materiel.</i>
Offentlig administration, forsvar og politi	91,332	Forsvaret anvender JO blandt andet til suverænitetshævdelse. GNSS anvendes af beredskabet. Galileos PRS er evidens for nødvendigheden af GNSS for det offentlige.
Undervisning	102,874	<i>Begrænset brug uden for fysik/astronomi</i>
Sundhedsvæsen	75,347	Væsentlig anvendelse af ISS til eksperimenter i mikrotyngdekraft.
Sociale institutioner	96,596	GNSS bruges til overvågning af demente
Kultur og fritid	23,715	<i>Begrænset anvendelse</i>
Andre serviceydelser	30,892	<i>Begrænset anvendelse</i>

Kilde: Statistikbanken og London Economics.

4.2 Samfundsøkonomiske gevinster ved rummet

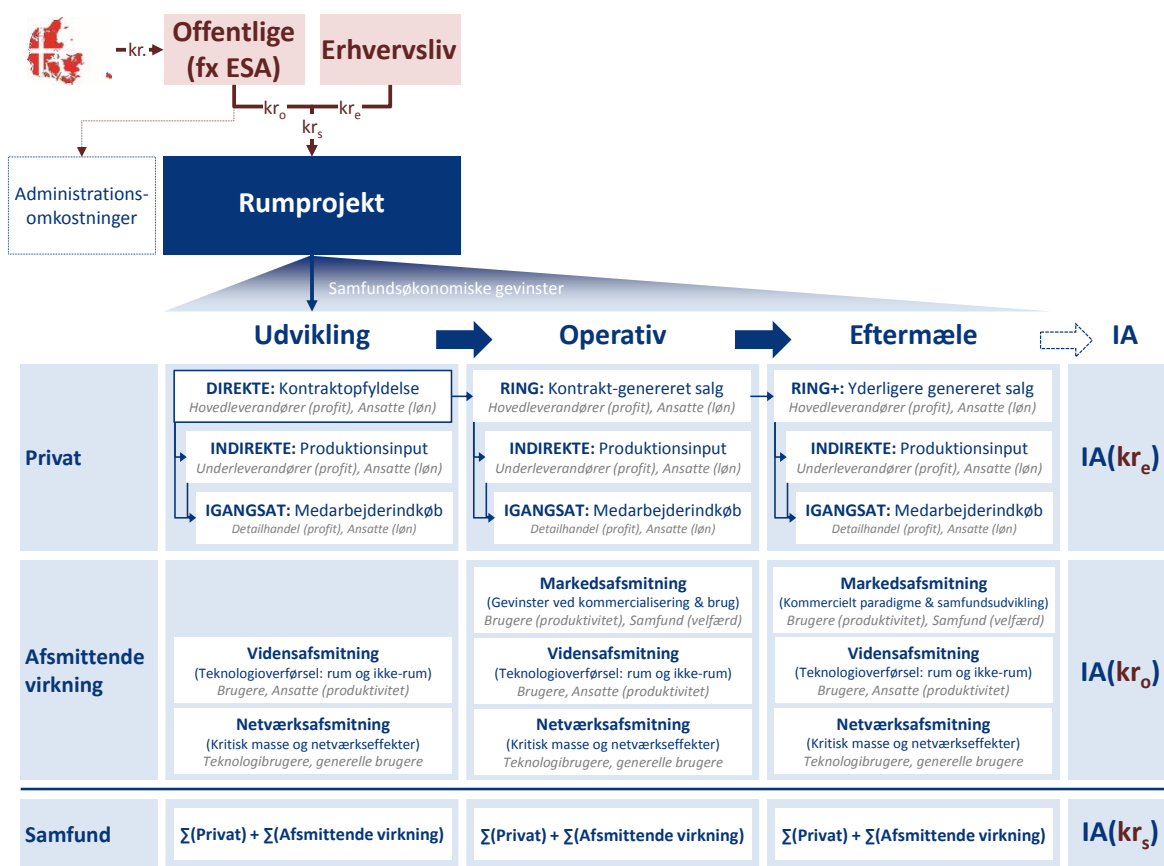
Investeringer i rummet, navnlig Apollo-programmet, bliver ofte fremhævet som særdeles gode investeringer med store afkast. Uheldigvis er der begrænset evidens for disse udsagn, og investeringsbeslutninger træffes derfor ofte på basis af anekdoter i stedet for konkrete data. Dette afsnit giver indblik i resultaterne fra en omfattende litteraturgennemgang af eksisterende evidens og sammenfatter derudover eksisterende viden om de samfundsøkonomiske gevinster ved brug af tre typer af rumapplikationer; jordobservation, meteorologi og navigation.

... Apollo-programmet leverede "det bedste investeringsafkast siden Leonardo da Vinci købte en tegneblok."

- Præsident George H. W. Bush (senior)¹

Til sammenfatningen af eksisterende viden er det nyttigt at definere en model, således at alle aspekter afdækkes. I figuren nedenfor vises den model, der ligger til grund for denne analyses afdækning af de samfundsøkonomiske gevinster ved rummet.

Figur 14. Teoretisk model til evaluering af samfundsøkonomiske gevinster



Copyright © 2016 London Economics

Note: Ring læses "Ringvirkninger" og Ring+ læses "yderligere ringvirkninger".

Modellen er organiseret efter projektfase (vandret) og gevinstnyder (lodret). Yderste højre søjle sammenfatter investeringsafkastet ved projektet (IA) for både private gevinster og afsmittende gevinster. Modellen starter i øverste venstre hjørne, hvor Danmarks stat og erhvervsliv investerer i et rumprojekt, eksempelvis igennem ESA.

Modellen indeholder tre faser af et rumprojekt, nemlig **udviklingsfasen**, hvor en hovedleverandør har en kontrakt på plads til udvikling af et rumprojekt, og evt. brugerproduktionsinputs fra under-

leverandører. **Den operative fase** er, mens et rumprojekt er i funktion og leverer data. **Eftermålet** indtræder, når projektet har udtjent sin operative fase (eksempelvis en satellit der løber tør for brændstof).

Private gevinster i udviklingsfasen omhandler udelukkende opfyldelse af hovedkontrakten (direkte omsætning), hvor hovedleverandøren tjener profit og betaler løn til ansatte. Løn og profit anvendes som erstatning for det mere passende (men vanskeligere tilgængelige) **bruttoværditilvækst (BVT)**. I den **operative** fase betragtes ringvirkningsomsætning ved rumkontrakten, hvor operation af en satellit, for eksempel, kan forventes at generere kommerciel omsætning for virksomheden. I **eftermælefasen** betragtes *yderligere* ringvirkningsomsætning, som refererer til leverandørens mulighed for at sælge data og kompetencer, som er blevet erhvervet i de tidligere faser. Spinoff-aktiviteter, der startes for at kommercialisere viden erhvervet gennem rumprojekter, klassificeres typisk i eftermælefasen.

Indirekte gevinster i alle faser relaterer til underleverandører, som forventes at generere BVT ved opfyldelse af underkontrakter relateret til rumprojektet (kontrakt, ringvirkninger, *yderligere* ringvirkninger). Baseret på økonomisk teori om input-output-analyse er det også muligt at beregne medarbejderes indkøb (hoved- og underleverandører), som **igangsættes** af kontrakten. Disse yderligere indkøb genererer profit og beskæftiger medarbejdere i detailhandlen og servicesektorer.

Afsmittende virkninger omfatter tre klasser. **Markedsafsmittning** med to underkategorier, nemlig **forbrugeroverskud**, hvor en kunde er i stand til at købe adgang til data til en pris, der er lavere end kunden er villig til at betale; og **producentoverskud**, hvor en producent er i stand til at sælge en vare til en højere pris, end producenten ville acceptere. **Vidensafsmittning** omfatter en situation, hvor den viden, der dannes i et rumprojekt, kan anvendes i en anden kontekst af en økonomisk agent, som ikke har været involveret i at skabe den og ikke har betalt den fulde pris for den. **Netværksafsmittning** indtræffer, når den udviklede teknologi eksempelvis tillader bedre anvendelse af transportnetværk og anden infrastruktur, til gavn for alle borgere. **Netværksafsmittning** omfatter desuden eksternaliteter vedrørende miljøet, sundhed og undgåede dødsfald.

Private gevinster²⁴ er ofte fokus i analyser af ESA-medlemskab eller rumprogrammer generelt (således nævner OECD's *The Space Economy at a Glance 2014* resultater fra Belgien, Danmark,²⁵ Irland, Norge, Portugal og Storbritannien). Denne rapport søger at værdiansætte de **afsmittende effekter** ved rummet i forlængelse af de direkte, private gevinster præsenteret i afsnit 3.4.3. De følgende afsnit fokuserer derfor primært på den nederste del af Figur 14.

4.2.1 Litteraturgennemgang af afkastet ved offentlige ruminvesteringer

I et nyligt forskningsprojekt for UK Space Agency²⁶ analyserede London Economics den relevante litteratur om afkastet ved offentlige ruminvesteringer for at bestemme, om der er basis for at antage, at ruminvesteringer er forskellige fra andre investeringer i videnskab og forskning. Litteraturgennemgangen omfattede 57 relevante artikler med globalt fokus over perioden 1961 til 2015 ud af de i alt 510 artikler, der initialt blev vurderet for relevans. Projektets terminologi er enslydende med den anvendt i Figur 14.

Analysen fokuserede på at finde evidens for **afkastet** ved offentlige ruminvesteringer opdelt på **direkte effekter** (dvs. hvor den *investerende* organisation nyder gevinsterne) og **afsmittende effekter** (hvor andre organisationer har gevinsterne, herunder samfundsøkonomiske gevinster) i tilfælde af anden investering end den offentlige (såkaldt **løftet indskud**). Definitionen af investe-

²⁴ Direkte, indirekte og igangsatte.

²⁵ Rambøll Management (2008), *An Evaluation of Danish Industrial Activities in the European Space Agency (ESA): Assessment of the economic impacts of the Danish ESA membership*.

²⁶ London Economics (2015) *Return from Public Space Investments: An initial analysis of evidence – November 2015*, tilgængelig her: <http://londoneconomics.co.uk/blog/publication/return-from-public-space-investments-an-initial-analysis-of-evidence-november-2015/>

ringsafkast følger den britiske stats ønske og beregnes som **netto nutidsværdi/offentlig bevilning**, som resulterer i en beregning af afkastet ved 1 britisk pund investeret.

At ruminvesteringer er forskellige fra andre investeringer i videnskab og forskning, er en almindelig hypotese, og de fleste mener at have kendskab til væsentlig teknologi udviklet af NASA gennem Apollo-programmet.²⁷ Der er ikke desto mindre mange aspekter, der støtter hypotesen:

Rumindustrien:

- Meget **forskning og udviklingstung**
- **Højtuddannede** medarbejdere
- Høj **eksportintensitet**
- Høj **vækst** (globalt).

Den øvrige rumøkonomi:

- Rummet **favner bredt** og er en **nødvendig kilde** til mange hverdagstjenester
- Rumøkonomien er **repræsenteret i hele landet**
- Rummet kan fange befolkningens **fantasi** og **inspirere** til en karriere inden for **naturvidenskab**.

Rumvidenskab og -teknologi:

- Ruminvesteringer giver adgang at **teste materiale** i svære miljøer (ISS, satellitter)
- Rummet er den **yderste grænse** af det teknologisk mulige, hvilket betyder, at isenkram der fungerer i rummet, **nødvendigvis** kan fungere på jorden.

Analysen af litteraturen på området har vist sig at have visse begrænsninger. Generelt er det en hæmsko, at de 57 artikler ikke følger en standardiseret evalueringsmodel, med det resultat at de 57 artikler fremstår som en samling af specifikke eksempler, hvor det er vanskeligt at uddrage tværgående resultater. Resultaterne, der præsenteres nedenfor, er derfor præget af usikkerhed for så vidt angår definitioner, metode og gevinstkategorier på tværs af artikler og repræsenterer i stedet London Economics' samlede analyse, som også gjorde brug af konsultation med interessenter fra industrien, offentlige myndigheder og forskersegmentet.

Generelt behandlede meget få artikler de afledte effekter, så der var ikke evidens for at antage, at rummet adskiller sig fra øvrige investeringer i videnskab og teknologi, og derfor benyttes et estimat fra en omfattende gennemgang af afkastet ved investering i videnskab og innovation. Resultatet er at de afsmittende effekter er to til tre gange højere end direkte effekter.²⁸

Tabel 7. Resultater af litteraturgennemgang

Område	Resultat
ESA-medlemskab	Generelt fokuserede disse artikler alene på direkte, industrielle gevinster ved ESA-medlemskab med meget begrænsede oplysninger om afsmittende effekter. Efter justering af forskellige metoder i de forskellige artikler viser analysen, at det direkte afkast fra ESA-medlemskab er ca. 3-4 kroner pr. krone offentlig investering – ikke langt fra Rambølls resultat fra 2008, ²⁹ som viser afkast på 3,7-5,4 under forskellige scenarier. Afsmittende effekter kan, under ovenstående antagelse, således vurderes til 6-12 kroner pr. krone investeret.

²⁷ Teflon og Velcro nævnes ofte i denne sammenhæng, og skønt teknologierne teknisk set ikke blev udviklet til Apollo, er det korrekt, at de blev brugt og forædlet således at de kunne finde bedre og mere anvendelse på Jorden.

²⁸ Frontier Economics (2014) *Rates of return to investment in science and innovation*.

²⁹ Rambøll Management (2008), *An Evaluation of Danish Industrial Activities in the European Space Agency (ESA): Assessment of the economic impacts of the Danish ESA membership*.

Område	Resultat
Jordobservation (inklusive, men ikke kun Copernicus og meteorologiske satellitter)	Den empiriske evidens for afkastet ved investering i jordobservation er beregnet til 2-4 kroner pr. investeret krone , men som gjorde sig gældende for ESA-investeringer, er dette også næsten udelukkende direkte effekter. Som afsnit 4.2.2 viser, er de afsmittende effekter store, og det er derfor med stor sandsynlighed et underestimat at bruge de generelle værdier til at nå frem til afsmittende effekter på 4-12 kroner pr. krone .
Satellitkommunikation	Studierne af satellitkommunikation udviser betydelig varians i estimatet af det direkte afkast ved offentlige investeringer. Dette skyldes blandt andet, at den løftede investering fra den private sektor er betydelig, og at operatørerne er gode til at få betaling for tjenesten. Den direkte effekt er beregnet til 6-7 kroner pr. krone offentlig investering . På trods af den høje grad af kommerialisering vil der stadig være afsmittende effekter, men det er rimeligt at reducere den generelle koefficient til 1-2 (fra 2-3). Det resulterende afsmittende afkast er således 6-14 kroner pr. krone offentlig investering .
Navigation (inklusive, men ikke kun Galileo)	Litteraturen viser, at offentlige investeringer i navigation giver et afkast på 4-5 kroner pr. krone offentlig investering . Fordi navigation er betalt af offentlige midler (blandt andet fordi det er et offentligt gode) har hidtidige evalueringer af navigation inkluderet visse afsmittende effekter. Som ses i afsnit 4.2.4 er det imidlertid ikke alle afsmittende effekter, der er inkluderet. Den generelle koefficient reduceres derfor til 1-2 (fra 2-3), og de afsmittende afkast beregnes til 4-10 kroner pr. krone offentlig investering .

Kilde: London Economics (2015) *Return from Public Space Investments: An initial analysis of evidence*, tilgængelig her: <http://londoneconomics.co.uk/blog/publication/return-from-public-space-investments-an-initial-analysis-of-evidence-november-2015/>.

Ud over de i tabel 7 viste resultater om afkast fandt litteraturgennemgangen også, at afkastet ved rumprogrammer (navnlig ESA-medlemskab) vokser i takt med varigheden af programmet. Yderligere underresultater af analysen viser:

- **Signifikante ikke-kvantificerede gevinster** nævnes i næsten alle artikler.
- **Ventetiden mellem investeringen og begyndelsen af gevinster varierer** fra program til program: Grundforskning og udforskning > Infrastrukturkonstruktion > Nærmarkeds innovation af eksisterende teknologier,
- **Forskellige gevinsttyper (direkte, afsmittende) høstes på forskellige stadier**, relateret til programfasen (udvikling, operativ, eftermæle),
- **Eftermælegevinster for rum-FoU-programmer er langt større end gennemsnittet for videnskab og innovation**. Disse optræder i form af vedholdende afsmittende gevinster gennem teknologioverførsel, spinoff og innovation af eksisterende teknologier.

Litteraturen om den samfundsøkonomiske effekt af videnskabelige rummissioner er begrænset, og dækker primært analyser af NASA-missioner, som ikke kan sammenlignes med danske missioner.³⁰ Videnskabelige missioner har lange eftermælefasen, fordi den udviklede teknologi i visse tilfælde tager lang tid om at manifestere sig i det bredere samfund, der er således betydelig risiko for at investeringsafkastet underestimeres, fordi væsentlige vidensafsmittende effekter udelades, simpelthen fordi de endnu ikke er realiseret. Uden detailstudie af enkelte missioner er det derfor ikke muligt at præsentere troværdige, generelle estimater for investeringsafkastet ved videnskabelige missioner, som eksempelvis Københavns Universitets Mars missioner.

³⁰ Technopolis Group (2010) *Summary Report – Space Exploration and Innovation, Space Policy and Coordination Unit* har således beregnet, at afkastet ved NASA's rumforskningsmissioner er 12 gange større end for tilsvarende missioner i ESA-regi, hvilket formodentlig skyldes, at NASA's investeringer generelt har været større end ESA's samt NASA's større globale varemærke, som kan gøre, at flere virksomheder får kendskab til teknologier og dermed hjælpe med kommerialisering deraf.

4.2.2 Jordobservation

EU's jordobservationsprogram, Copernicus (tidligere GMES – Global Monitoring for Environment and Security), blev grundlagt ved Bavano Manifestet i 1998. Programmet består af tre domæner, 1) rummet, 2) *in situ* og 3) servicedomænet.

Rumdomænet hører under ESA og EUMETSAT og kommer til at bestå af syv satellitmissioner med i alt 13 sentineller.³¹ Indtil videre er fire satellitter i kredsløb. *In situ*-domænet koordineres af det Europæiske Miljøagentur (EEA – baseret i København) og er baseret på observationer fra jorden. Disse observationer bruges til at supplere og kalibrere satellitdata samt øge værdien og brugbarheden af Copernicus' data. Servicedomænet koordineres af Europa-Kommissionen gennem aftaler med ECMWF³², Mercator Ocean, EEA, JRC³³, SatCen³⁴, Frontex og EMSA³⁵. Dets primære formål er at transformere rå data til brugbar information og give brugere mulighed for at sammenligne og gennemse observationer over mange år(tier). Copernicus tilbyder følgende seks specifikke tjenester:

- Atmosfærisk overvågning
- Havmiljøovervågning
- Landovervågning
- Klimaforandringer
- Styring i nødsituationer
- Sikkerhed.

De samfundsøkonomiske gevinster ved jordobservation generelt og specielt Copernicus skabes primært i form af **afsmittende effekter**. DMI, DHI, DTU m.fl. har vundet ESA-kontrakter i forbindelse med tilblivelsen og udnyttelsen af GMES/Copernicus, men hovedparten af gevinsterne skal findes i andre instanser.

Fordelen ved jordobservation (JO) er, at informationsgabets lukkes, samt at strategiske og politiske gevinster i form af forbedringer af ekstern politikudvikling og internationalt samarbejde kan realiseres. Med andre ord, uden jordobservation er det meget bekosteligt at indsamle megen information, og resultaterne bliver derfor meget usikre, så den politik der vedtages på baggrund af disse data, er ikke nødvendigvis den bedste. Konkret kan nævnes overvågning af Brasiliens regnskov, hvor satellitbaseret overvågning krediteres for 60 % af faldet i ulovlig træfældning, fordi de brasilianske myndigheder er i stand til at reagere på ulovlig træfældning og pågribe gerningsmænd hurtigere.³⁶ Fra den klimamæssige vinkel giver satellitovervågning af regnskove bedre mulighed for at beregne, hvor megen CO₂ der absorberes, og dermed øge præcisionen i de anvendte modeller.

Derudover giver data mulighed for bedre overvågning af, hvordan landområder anvendes, og bidrager til højere fødevarer sikkerhed og bedre fødevarerplanlægning. Inden for natur og råstoffer giver JO tilstrækkelig information til definition af aktioner, der forbedrer bevaring og styring, herunder aktioner og overvågning inden for landbrug, skovbrug, fiskeri, økosystemer og biodiversitet.

JO er også en effektiv måde at kontrollere grænser og giver adgang til store mængder information, der kan anvendes til hævde af suverænitet. Med viden om faktisk brug af landet er det endvidere

³¹ Det angivne antal af Sentinel satellitter knytter sig til indeværende budgetperiode (2014-2020). Budgettet for næste fase af Copernicus (programperiode 2021-2027) er godkendt og der er allerede indgået kontrakter med satellitproducenter om at bygge de Sentinel, der skal sikre programmets fortsættelse efter indeværende programperiode. Der er bl.a. indgået kontrakt om at bygge Sentinel 1C og 1D, som vil sikre kontinuiteten af denne mission frem til 2030. Samlet set vil Copernicus-programmet derfor omfatte flere Sentinel'er end 13

³² European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.

³³ Joint Research Centre.

³⁴ European Union Satellite Centre.

³⁵ European Maritime Safety Agency.

³⁶ Se <https://news.mongabay.com/2013/05/brazils-satellite-monitoring-reduced-amazon-deforestation-by-60000-sq-km-in-5-years/> for mere information. (tilgået 5. maj 2016).

re muligt at gennemføre mere effektiv by- og landplanlægning, og man kan også anvende JO til overvågning af luftkvalitet og implementere politik til forbedring af folkesundheden.

Endelig bruges JO til risikostyring, evidensindsamling og overvågning ved naturkatastrofer (eksempelvis gennem International Charter on Space & Major Disasters) og til sikring af befolkningen.

De samfundsøkonomiske gevinster af GMES/Copernicus er analyseret i forskellige rapporter på Europæisk niveau.³⁷ De beregnede gevinster konverteres til danske forhold baseret på generelle koefficienter. Gevinsterne kategoriseres i tre grupper:

1. **Effektivisering af national politik:** Billigere implementering, håndhævelse og vurdering af politik på områder, hvor JO kan gøre en forskel.
2. **Europæisk og national politikudvikling:** Den højere informationskvalitet, der er til rådighed fra JO-satellitter, tillader bedre definitioner, fokus og effektivitet, når politik bliver udviklet. Gevinsterne bliver først rigtig relevante, når politik på EU-niveau gennemføres med vægtige input fra Copernicus.
3. **Global politikudvikling:** Koordineret tackling af globale udfordringer som klimaforandringer, hvor EU kan spille en større rolle grundet bedre datagrundlag fra Copernicus.

Tabel 8. Samfundsøkonomiske gevinster ved Copernicus/GMES, EU og Danmark, (2011-2030), NV(2011)

Kategori	EU (mia. €)	Fordelingsnøgle, EU → DK	DK andel	DK (mio. DKK)
Effektiviseringsgevinster	3,4	Det antages, at Danmarks andel af politik på områder hvor JO kan gøre en forskel, kan approksimeres ved BNP.	1,9 %	482
Politikudvikling, herunder	17,7			4.091
Luftkvalitet	5,1	Det antages at landareal kan bruges som fordelingsnøgle	1,0 %	376
Maritim	4,4	Eksklusiv Økonomisk Zone (EØZ) anvendes som fordelingsnøgle. Bemærk, at Rigsfællesskabets (EØZ) er større en kontinental-EU's.	9,0 %	2.951
Oversvømmelser	3,1	Gevinster ved oversvømmelsesundgåelse fordeles ved 10 % af areal, da ingen af EU's alvorlige oversvømmelser mellem 2000 og 2010 ramte Danmark.	0,1 %	23
Konfliktløsning	2,7	Jordobservationsgevinster til konfliktløsning approksimeres ved andel af EU's samlede forsvarsudgifter.	1,4 %	288
Humanitær bistand	1,1	Budget til humanitære formål bruges som fordelingsnøgle.	4,9 %	397
Seismiske applikationer	0,6	Der forventes ingen nævneværdige gevinster fra seismiske applikationer vha. JO i Danmark.	0,0 %	0
Skovbrande	0,3	Andelen af EU's skovdække bruges som fordelingsnøgle.	0,4 %	9
'Anden' risiko og sikkerhed	0,3	BNP antages at være den bedste fordelingsnøgle for gevinster inden for 'andre' risiko- og sikkerhedsaktiviteter.	1,9 %	44
Skoves økosystemer (EU)	0,1	Andelen af EU's skovdække bruges som fordelingsnøgle.	0,4 %	2
Global politikudvikling, herunder	21,0			2.985
Klimaforandringer (tilpasning)	17,0	Danmarks andel af gevinster som følge af bedre information på EU-niveau til tackling af globale udfordringer antages at kunne approksimeres ved BNP.	1,9 %	2.418
Skovrydning	3,0		1,9 %	429
Ørkenspredning	0,7		1,9 %	106
Skovrydning – økosystem	0,2		1,9 %	32
Resterende værdi efter 2030 (ikke vurderet)	125,0	Restværdi efter 2030 tilskrives ikke Danmark.	-	-
TOTAL (2011-2030)	167,1		-	7.558

³⁷ PwC (2006) *Main Report Socio-Economic Benefits Analysis of GMES*. ESA Contract 18868/05; booz&co. (2011) *Cost-Benefit Analysis of GMES*, European Commission: Directorate-General for Enterprise & Industry; og European Space Policy Institute (2011) *The Socio-Economic Benefits of GMES*.

Kilde: PWC (2006) *Executive Summary: Socio-Economic Benefits Analysis of GMES*, konverteret fra 2005€ til 2011€ i European Space Policy Institute (2011) *The Socio-Economic Benefits of GMES – A Synthesis Derived from a Comprehensive Analysis of Previous Results, Focusing on Disaster Management* samt Eurostat, European Defence Agency, Forsvarsministeriet, OECD.

Bemærk: Værdien af JO-gevinster er specielt svær at kvantificere og oversætte til økonomisk værdi. Skønt nogle gevinster kan kvantificeres og bidrager til den estimerede værdi, er mange andre meget svære at vurdere, og de er derfor ikke kvantificerede.

Konverteringen til danske værdier er baseret på et subjektivt skøn af den bedste fordelingsnøgle for hver gevinsttype. I alle tilfælde kan der argumenteres for, at andre nøgler måske er bedre, og resultatet er derfor meget usikkert. Gevinster ved JO (og rummet i det hele taget) er svære at vurdere og kvantificere over længere tid, fordi gevinsterne er begrænsede af forfatterens fantasi om brug af data og tjenester, som ikke rækker lige så vidt som kommercielle virksomheder og bruges. Det er således sandsynligt, at kommercielle gevinster, som ikke indgår i analysen, vil blive realiseret i løbet af perioden. Den største enkelte gevinsttype for Danmark er de maritime aspekter, som blandt andet dækker oprensning af olieudslip og derfor baseres på Danmarks havareal (EØZ). Hvis de polare ruter åbnes yderligere og derved tillader transport i Arktis, er det meget sandsynligt, at de fordele Danmark kan drage af satellitbaseret overvågning vil stige markant sammenlignet med tabel 8. European Space Policy Institute (2011) beretter, at hvis man betragter et dynamisk system, hvor der tages højde for forholdet mellem miljø-, økonomiske og sociale økosystemer foruden de eksisterende anvendelser af JO, vil gevinsterne vokse med en faktor på 2,9. Med det resultat in mente kan værdierne i tabel 8 betragtes som konservative estimater.

Danmarks bevilligede bidrag til Copernicus i perioden 2014-2020 er beregnet til ca. 92 mio. DKK pr. år i løbende priser. Hvis det antages, at dette bidrag fortsætter til 2030 vil nutidsværdien af Danmarks bidrag til GMES/Copernicus beløbe sig til omkring **1,1 mia. DKK**³⁸. Med disse antagelser og beregninger har Copernicus været en god investering for Danmark.

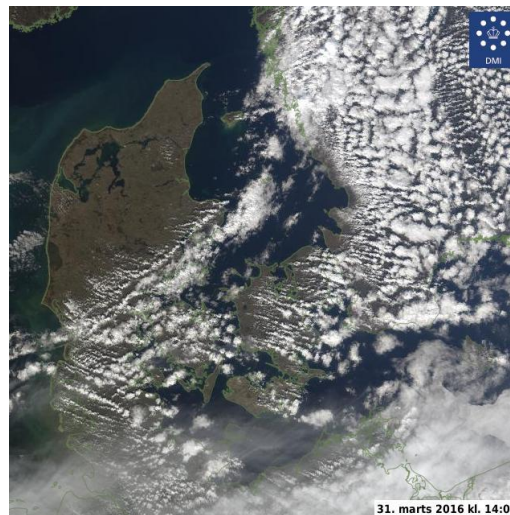
4.2.3 EUMETSAT

EUMETSAT³⁹ er en overstatslig organisation, som blev grundlagt i 1986 med det formål at levere vejr- og klimarelaterede satellitdata, -billeder og -produkter døgnet rundt.⁴⁰ Danmark var med til at grundlægge EUMETSAT sammen med 13 andre lande. EUMETSAT kontrollerer syv satellitter i tre forskellige kredsløb og nedtager data gennem seks jordstationer, hvoraf en er i Kangerlussuaq (Søndre Strømfjord, Grønland) og drives i samarbejde med DMI.

Gennem EUMETSAT har medlemslandene adgang til egne observationer, men har også adgang til data fra NOAA's⁴¹ satellitter gennem en aftale om gensidig brug.

DMI driver foruden den danske vejrmeddelingsstjeneste også en såkaldt Satellite Application Facility om Radio-Okkultations Meteorologi, hvor

Figur 15. Danmark fra en vejr satellit



Kilde: DMI, fra den amerikanske Suomi NPP satellit

³⁸ Nutidsværdi 2011, med 4 % diskontering i henhold til Europa-Kommissionens Impact Assessment-vejledning. Det antages, at væksten i BNP-deflatoren 2010-2014 fortsætter til 2030. Dækker kun Danmarks bidrag til Copernicus gennem EU, dvs. udgifter afholdt af ESA's budget i programmets tidlige år er ikke behandlet.

³⁹ European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites.

⁴⁰ EUMETSAT, We are the European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT). Tilgængelig her: <http://www.eumetsat.int/website/home/AboutUs/WhoWeAre/index.html> (tilgået 18. april 2016)

⁴¹ USA's National Oceanic and Atmospheric Administration.

GNSS-signaler anvendes til at bestemme atmosfærens temperatur og luftfugtighed.⁴²

Vejrudsigtens nøjagtighed før og efter adgangen til satellitdata er svære at sammenligne, men der er næppe tvivl om, nøjagtigheden er steget markant. Det britiske MET Office har beregnet, at 64 % af den samlede reduktion af den kortsigtede usikkerhed på vejrudsigter kan tilskrives de satellitobservationsdata, der indgår i analysen, mens de øvrige observationsdata stammer fra andre kilder. EUMETSAT antager, at observationsdatas bidrag til nøjagtigheden er 50 %, mens resten tilskrives beregningsalgoritmer og metoder til dataanalyse.⁴³ Tilsammen kan satellitter således tilskrives 32 % af nøjagtigheden af vejrudsigter. Dette betragtes som et konservativt estimat.⁴⁴ De samfundsøkonomiske gevinster ved vejrmedlinger skabes primært i form af afsmittende virkninger. Nogle af disse er kvantificeret i tabellen nedenfor:

Tabel 9. Samfundsøkonomiske gevinster ved EUMETSAT (2015)

Kategori (2015)	Værdi (mio. £)	Antagelse, fordelingsnøgle	Rumværdi DK (mio. DKK)
Værdi af gratis vejrmedlinger for befolkningen (WTP*)	445,1	Samme værdi pr. borger som i Storbritannien. Det antages, at det mere ekstreme vejr i Storbritannien ⁴⁵ opvejer den store danske interesse for vejret.	119,3
Oversvømmelseskader undgået pga. tidlige varsler	68,2	20 % af UK-værdi pr. borger grundet færre oversvømmelseshændelser i Danmark ⁴⁶	3,7
Stormskader undgået pga. tidlige varsler	55,7	Samme værdi pr. borger som i Storbritannien	14,9
Reduceret flyvetid og lavere vejrrelaterede lufthavnsomkostninger	820,1	Samme værdi pr. flyafgang og -ankomst	256,8
Øvrig markedsøkonomi – produktivitetstevninger	922,2	Samme andel af BNP	292,6
Vintertrafik – reducerede omkostninger pga. færre ulykker	128,7	50 % af værdien pr. køretøj grundet generelt bedre vinterforberedelse i Danmark	15,0
Beredskab – sundhedseffekter af vejrvarsler	13,6	50 % af værdien pr. borger grundet mindre vejrvarians i Danmark	3,6
Total (2015)			706,0

Note: *WTP: Willingness-To-Pay.

Kilde: London Economics (2015) *MET Office General Review*, Eurostat, European Severe Weather Database samt Eurocontrol STATFOR.

Bemærk, at fordelingsnøglerne mellem britiske og danske forhold pr. definition er subjektive, og at andre metoder kan tænkes for dem alle. Danmarks prisniveau er eksempelvis 15,7 % højere end Storbritanniens,⁴⁷ så der kan eventuelt argumenteres for, at danskerne vil være villige til at betale mere for vejrudsigter. Modsat er befolkningstætheden i Storbritannien cirka dobbelt så høj som i Danmark, så hvis oversvømmelser rammer, er der et mindre areal med landbrugsjord vandet kan ledes til, og skaderne vil derfor være mere omfattende. Generelt er fordelingsnøglerne sat konservativt for at undgå opblæste tal.⁴⁸ Selv hvis fordelingsnøglerne skulle vise sig at være højt sat, er

⁴² Se mere i *Aktuel Naturvidenskab* (2011) *Meteorologi med GPS-signaler*, tilgængelig her:

http://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/2011-nyheder/December/an6_11gps.pdf (tilgået 18. april 2016).

⁴³ London Economics (2015) *MET Office General Review*, tilgængelig her: <http://londoneconomics.co.uk/blog/publication/met-office-general-review-march-2016/>.

⁴⁴ Konsultation med DMI.

⁴⁵ Ifølge European Severe Weather Database har der været 585 ekstreme vejrhændelser i Danmark mellem 2000 og 2015 mod 2.016 i Storbritannien. Se <http://www.eswd.eu/> for mere information.

⁴⁶ Storbritannien har aktiveret International Charter on Space & Major Disasters syv gange på grund af oversvømmelse inden for de sidste 10 år. Danmark har ikke aktiveret det overhovedet.

⁴⁷ Eurostat.

⁴⁸ EUMETSAT (2014). 'The Case for EPS/Metop Second Generation: Cost Benefit Analysis'. Tilgængelig her:

http://www.wmo.int/pages/prog/sat/meetings/documents/PSTG-3_Doc_11-04_MetOP-SG.pdf (tilgået 18. april 2016).

der næppe tvivl om, at Danmarks medlemskab af EUMETSAT og satellitbaserede vejrudsigter skaber afsmittende effekter, der langt overstiger de ca. 55 mio. DKK der er bevilget på finansloven for 2016.

4.2.4 Navigation

Et Globalt Navigationssatellitesystem (GNSS) er en konstellation af satellitter (24-30) i medium Earth Orbit. Satellitterne er udstyrede med meget præcise atomure og udsender et konstant signal, der indeholder satellittens ID og klokkeslæt. Brugerenheder på jorden kan beregne tredimensionel position ved adgang til signaler fra fire satellitter. Nøjagtigheden af positionsberegningen falder kraftigt, hvis signalet er udsat for multipath, hvor det er blevet reflekteret af bygninger eller andre forhindringer eller møder forstyrrelser i ionosfæren mellem satellitten og brugerenheden. I 2016 er der to komplette GNSS; det amerikanske GPS og det russiske GLONASS, og derudover udvikles Galileo af EU, og BeiDou udrulles til global dækning af Kina.

Til GNSS-familien hører desuden satellitbaserede augmenteringstjenester (SBAS), der giver mulighed for at korrigere den forstyrrelse, alle GNSS-signaler møder i atmosfæren på rejsen mellem satellit og modtager. Forstyrrelserne varierer afhængig af mange faktorer, herunder vejr- og solvejrforhold. Systemet baseres på observationer på jorden, hvor en fastmonteret GNSS-modtager beregner sin position og sammenligner med den kendte, faktiske position. Forskellen mellem observeret og faktisk position deles via isenkram på kommunikationssatellitter i geostationært kredsløb med alle brugere i nærområdet, som er udsat for tilsvarende forstyrrelser.

EU, USA og Japan har fuldt udviklede SBAS, mens Indien er ved at udvikle sit eget. EU's system, EGNOS, har været operationelt siden 2009 og dækker hele Europa. EGNOS blev oprindeligt udviklet til luftfarten, men anvendes nu i mange forskellige sektorer, deriblandt landbruget. En af EGNOS' jordstationer er i Aalborg.⁴⁹ Japans regionale system, QZSS⁵⁰, adskiller sig fra SBAS ved at være baseret på satellitter i et særligt kredsløb, der forbedrer adgangen til GNSS-signaler mellem de høje bygninger i japanske byer.

De åbne GNSS-tjenester er eksempler på det økonomer kalder **offentlige goder**, dvs. de opfylder to kriterier:

1. Økonomiske agenter kan ikke udelukkes fra brug (ikke-eksklusivt); og
 - Den billigste hardware, der kan dekodere GNSS-signalet, kan erhverves for ca. 1 euro. Danmarks Statistik⁵¹ beretter tillige, at ca. 55 % af danske familier havde adgang til et GPS-navigationsanlæg til bil, mens 73 % af de 16-64-årige brugte GPS-funktionen i deres mobil eller smartphone i 2014. Præsident Clintons beslutning om at slukke *selective availability*⁵² i 2000 gjorde, at det civile, åbne GPS-signal blev ikke-eksklusivt.
2. En agents brug ændrer ikke en anden agents adgang til godet (ikke-rivaliseret).
 - Satellitterne er bygget til at udsende et signal. Fordi der er envejskommunikation fra satellit til bruger, er der ingen risiko for, at signalet degraderer.

At GNSS er et offentligt gode betyder imidlertid, at samfundsøkonomiske gevinster er svære at identificere og beregne, og ethvert forsøg vil formodentlig resultere i et underestimat, simpelthen fordi ikke alle innovative anvendelser af GNSS kendes. Gevinsterne ved GNSS findes i særdeles høj

⁴⁹ Navipedia (2011) *EGNOS Ground Segment*, tilgængelig her: http://www.navipedia.net/index.php/EGNOS_Ground_Segment (tilgået 19. april 2016).

⁵⁰ Quasi-Zenith Satellite System.

⁵¹ Danmarks Statistik (2015) *It-anvendelse i befolkningen*.

⁵² Selective availability tillod det amerikanske forsvar at forringe kvaliteten af det civile GPS-signal i konfliktzoner og derved have fordel af asymmetriske navigations- og positionstjenester. Selective availability er ikke muligt på GPS III-satellitterne.

grad i form af **afsmittende effekter**. Beslutningen om at slukke selective availability i 2000 var i høj grad influeret af de forventede produktivetsgevinster og besparelser, den ville medføre.⁵³

Samfundsøkonomiske gevinster ved GNSS kan estimeres i forhold til, hvem der opnår gevinsten (bruger eller samfund), og hvilken type gevinst der er tale om (tidsbesparing, produktivetsgevinster, miljøeksternaliteter og reddede liv). Beregning af de samfundsøkonomiske gevinster ved GNSS er en omfattende øvelse og uden for rammerne af denne rapport. I stedet præsenteres i tabel 10 en nylig amerikansk beregning af gevinsterne ved GPS,⁵⁴ med de amerikanske tal justeret til danske forhold baseret på fordelingsnøglerne i tabellen. Grundet den betydelige usikkerhed ved konvertering til danske tal præsenteres kun midtpunktet af de amerikanske beregninger, som er konverteret til danske forhold. At tabellen viser et udsnit af GPS-gevinster (yderligere dimensioner er beskrevet i tabel 12) indikerer, at det samlede tal i alle tilfælde med rimelighed kan betragtes som en nedre grænse.

Tabel 10. Samfundsøkonomiske gevinster ved GPS

Sektor (2013)	USA* (mia. \$)	Antagelse, fordelingsnøgle	USA → DK	DK (mio. DKK)
Præcisionslandbrug (korn)	13.7	Halvdelen af arealer med korndyrkning. Leveson betragter kun store landbrug med mindst 250 mio. \$ i omsætning på korn. Meget få landbrug i Danmark kommer nær den omsætning. Ikke desto mindre bidrager GNSS også på mindre danske landbrug.	1,2 %	1.050,9
Bygge og Anlæg (maskinstyring)	5	Værdi af nybyggeri antages at kunne bruges som nøgle til fordeling af gevinster ved maskinstyring	0,9 %	279,9
Landmåling	11.6	Antal landmålere er ikke tilgængelig for Danmark, så det antages at der er i Danmark er ca. 66 % af antallet af landmålere i Sverige, og det antages endvidere, at landmålere er en god fordelingsnøgle.	2,3 %	1.655,5
Luftransport	0,145	Antal flyafgange og -ankomster i USA og Danmark	0,5 %	4,3
Søtransport (kort)	0,185	Størrelsen af havområdet i de såkaldte Eksklusive Økonomiske Zoner (EØZ). Det antages endvidere, at det er rimeligt at inddrage Grønland og Færøernes EØZ.	42,0 %	477,1
Flådestyring	11.9	Samlet antal køretøjer	1,1 %	832,2
Forbrugerelektronik til bilnavigation	26.1	Antal køretøjer bruges som fordelingsnøgle og dækker både en Willingness-to-Pay-analyse af GNSS-navigation til biler og den sparede tid estimeret som følge af bedre ruteplanlægning.	1,1 %	1.825,2
TOTAL (2013)	68.7			6.125,2

Kilder: Leveson, I. (2015) *The Economic Value of GPS: Preliminary Assessment*, National Space-Based Positioning, Navigation and Timing Advisory Board Meeting, June 11, 2015. Verdensbanken, DST, US Bureau of Labor Statistics, Eurostat, Eurocontrol, FAA, OICA, Wikipedia.

Levesons beregning refererer alene til **GPS**, mens øvrige GNSS figurer i en 'andet'-kategori, som tilskrives mindre betydning end GPS (mellem 10 % og 40 % af totalen). De samlede gevinster ved **GNSS**⁵⁵ er derfor højere end præsenteret i tabellen, og man kan nemt forestille sig yderligere gevinster fra Galileos specifikke tjenester, når de begynder. Galileo vil levere fire tjenester:

1. **Open Service (OS)**: Den åbne tjeneste bliver kompatibel med GPS og stillet frit til rådighed. Den sender på den samme frekvens som GPS. Ulig andre åbne tjenester vil Galileo tilbyde au-

⁵³ Federal Aviation Administration (2015) *Satellite Navigation – GPS – Preseidential Policy*, tilgængelig her:

http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/gps/policy/presidential/?print=go#1 (tilgået 19. april 2016).

⁵⁴ Leveson, I. (2015) *The Economic Value of GPS: Preliminary Assessment*, National Space-Based Positioning, Navigation and Timing Advisory Board Meeting, June 11, 2015.

⁵⁵ Galileo og GPS har vedtaget, at systemerne skal være interoperable, dvs. at positionen kan beregnes med fire tilfældige satellitter fra de to systemer. I mange tilfælde vil der være tilstrækkeligt mange GPS-satellitter på himlen, så i princippet er Galileo ikke nødvendig, men især i byer er det sandsynligt, at den beregnede position bliver mere nøjagtig takket være Galileo. Det er meget vanskeligt at fordele gevinsterne mellem Galileo og GPS og det ligger uden for denne rapports formål.

tentificering, som betyder, at modtagere kan verificere, at det modtagne signal kommer fra en satellit i rummet og ikke et spoofing-apparat i nærområdet.⁵⁶

2. **Commercial Service (CS):** Galileos kommercielle tjeneste på to frekvenser vil muliggøre korrektion af interferens, fordi de to frekvenser påvirkes forskelligt af den samme forstyrrelse. Tjenesten vil tilbyde særdeles høj nøjagtighed og derudover stærkere autentificering. Galileo forventes at opkræve betaling for tjenesten, som bliver den eneste GNSS-tjeneste med en garanteret ydelse.
3. **Search and Rescue (SaR):** Europas bidrag til det Internationale COSPAS-SARSAT Program, som ved hjælp af satellitter og jordstationer indsamler nødsignaler fra individer, fly og skibe i nød. Galileos redningstjeneste sikrer, at nødsignalet bærer den nødstedtes position (hvis enheden bruger GNSS) og er desuden defineret med en Return-Link-Service, med hvilken det bliver muligt for beredskabet at sende et simpelt signal retur til den nødstedte om, at hjælp er på vej.
4. **Public Regulated Service:** Specifik tjeneste udviklet til offentlige myndigheder, eksempelvis beredskab, kystvagter og andre godkendte brugere. Tjenesten er krypteret og sender desuden på flere frekvenser.

Ud over de gevinster der er refereret i Tabel 10, er der anseelige gevinster ved brug af GNSS i redningstjenester. GNSS hjælper redningsmandskab til havs og i ufremkommelige landområder, hvor muligheden for at medsende lokalitet i nødsignalet forbedrer sandsynligheden for redning. Europa-Kommissionens eCall-initiativ er et system, hvor alle biler (over tid) vil være udstyret med en GNSS-modtager og et simkort, således at bilen ringer efter hjælp, eksempelvis når airbaggen udløses. GNSS sikrer, at alarmcentralen modtager nøjagtige oplysninger om bilens lokalitet, og derfor at redningstjenesterne rykker hurtigt ud. eCall forventes at reducere responstiden til trafikuheld i byer med 40 % og med 50 % på landet. Det kan reducere antallet af trafikdræbte med 4 % og antallet af svært tilskadekomne med 6 %.⁵⁷

4.3 Gevinster ved brug af satellitkommunikation

Satellitkommunikation er den mest kommercielt lukrative forretning med relation til rummet. Kommunikationssatellitter (ofte, men ikke altid, i geostationært kredsløb) bruges grundlæggende til tre formål: parabol-tv, internet og tale.

I 1987 blev et dansk forbud mod at modtage tv-signaler via parabol ophævet, og året efter begyndte Viasat at sende tv fra London til Danmark, Norge, og Sverige.⁵⁸ I 2014 modtog 196.000 husstande tv-signal via parabol.⁵⁹ Viasat og Canal Digital er de eneste danske udbydere af parabol-tv, men grundet den geografiske dækning af satellit-tv er det muligt at modtage signaler fra andre lande, en mulighed 32.000 husstande benytter.⁶⁰ Ud over som distribution til slutkunden spiller satellitter en væsentlig rolle i produktion af tv. Direkte sportsbegivenheder sendes fra lokaliteten til seerne blandt andet gennem satellit, inden signalet nedtages og distribueres gennem kabler og antenner. Den samfundsøkonomiske værdi af direkte tv er svær at vurdere, og der eksisterer ingen studier.

⁵⁶ European GNSS Agency (2016) *GNSS.asia Challenge Promotes Galileo in Asia-Pacific*, tilgængelig her: <http://www.gsa.europa.eu/news/gnssasia-challenge-promotes-galileo-asia-pacific> (tilgået 19. april 2016).

⁵⁷ http://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/action_plan/ecall_en.htm.

⁵⁸ Erling Madsen/BFE (2012) *Fjernsynets historie fra 1926 til 2012 – og lidt efter ...*, tilgængelig her: http://slks.dk/fileadmin/user_upload/dokumenter/medier/Tv/Generelt/Fjernsynets_historie_Erling_Madsen_BFE.pdf (tilgået: 20. april 2016).

⁵⁹ TNS Gallup (2014) *Annual Survey 2014U31-48*.

⁶⁰ TNS Gallup (2014) *Annual Survey 2014U31-48*. Det antages, at respondenter ved, hvem de køber parabol-tv af. Så respondenter, der ikke ved hvor de får signalet fra, forventes at modtage gratis tv, eksempelvis fra den britiske Freesat.

Satellitbaseret internet opdeles i to typer; fast og mobil. Fast satellitinternet tilbydes i princippet til alle, der har adgang til at rette en parabol mod syd, men på grund af prisen og den højere latens-tid end andre løsninger⁶¹ appellerer satellitinternet mest til borgere og virksomheder i områder med langsomme eller ikke-eksisterende traditionelle tjenester. Ansatte på boreplatforme i Nordsøen bruger satellitbaseret internet til at kommunikere med hovedkvarteret og familien. De samfundsøkonomiske gevinster ved fast satellitkommunikation er ikke kvantificerede, men dialog med olieindustrien indikerer, at adgang til internettet har stor betydning for udvinding af olie samt medarbejders trivsel. Endvidere er det let at forestille sig, at virksomheder med langsomme internetforbindelser via traditionel teknologi kan forventes at forbedre omsætningen og indtjeningsgraden ved bedre internetadgang.

Mobilt satellitinternet anvendes i situationer, der svarer til tale-situationer. Begge teknologier bruges i mange forskellige professioner, eksempelvis på transportskibe, flyvemaskiner og forskere på missioner i områder uden konventionelt signal. Fly anvender satellitter til at kommunikere med kontroltårne på jorden, og nogle luftfartsselskaber tilbyder internet til passagerer. Skibe i rum sø bruger satellitkommunikation til at få oplysninger fra hovedkvarteret og kan varske havne, før de lægger til, og derved øge chancen for, at der er kapacitet til rådighed. Vejmeldinger leveret til skibe tillader kursændringer, der kan reducere risikoen for tabt last, og spare brændstof ved valg af en mere effektiv rute. Ingen af disse gevinster er kvantificeret.

Satellitinternet kan også bruges i tilfælde af katastrofer, hvor mobilmaster er sat ud af kraft eller efterspørgslen efter mobilkapacitet gør, at beredskabstjenester ikke kan kommunikere med hinanden. Innovative løsninger på området tillader, at et alternativt 3G/4G-netværk kan oprettes og sikre den bedst mulige løsning af krisesituationen.

Militære enheder anvender krypteret satellitkommunikation til at sikre, at information ikke bliver opsnappet af fjendtlige styrker, men kun til de ønskede modtagere. I den sammenhæng vurderer vi at CubeSats kan være en særligt attraktiv løsning til militærkommunikation, fordi CubeSats kan bringes i en position, hvor de kan tjene som kortvarig mellemstation til kommunikation mellem to (nære) styrker. Den korte varighed øger sandsynligheden for, at krypteringen ikke brydes.

Disse eksempler på brug af satellitkommunikation er tænkt som vejledning i brug af denne rumbaserede tjeneste, og selvom der ikke eksisterer kvantificerede gevinster, burde samfundsøkonomiske gevinster kunne tænkes.

4.4 Casestudier af rumanvendelse

Som ovenstående gennemgang tydelig har illustreret, er rumteknologi allerede en vigtig del af danskernes hverdag. GPS, satellitbilleder og vejmeldinger er blot nogle eksempler på teknologi, som i disse år anvendes inden for stadig flere områder. Rumteknologierne hjælper til, at samfundets ressourcer kan anvendes bedre. Det følgende underafsnit og kapitel 6 indeholder en række casestudier, hvor en øget satsning på rumteknologi kan lede til hhv. store samfundsøkonomiske besparelser og nye kommercielle muligheder. Hvert casestudie præsenterer et komplekst samfundsmæssigt problem inden for et bestemt område, der kan løses billigere og bedre ved brug af rumteknologi. Da der er tale om fremtidige investeringer og potentialer, bør casestudiernes beregninger ses som indikative. Selvom der er en stor usikkerhed forbundet med beregningerne, viser de markante samfundsgevinster ved brugen af rumteknologi.

⁶¹ Signalet skal rejse fra brugerens parabol til satellitten og tilbage til jorden et andet sted for at forbinde brugeren til nettet, og selv med lysets hastighed tager det tid.

4.4.1 Case: Rumbaseret flyovervågning

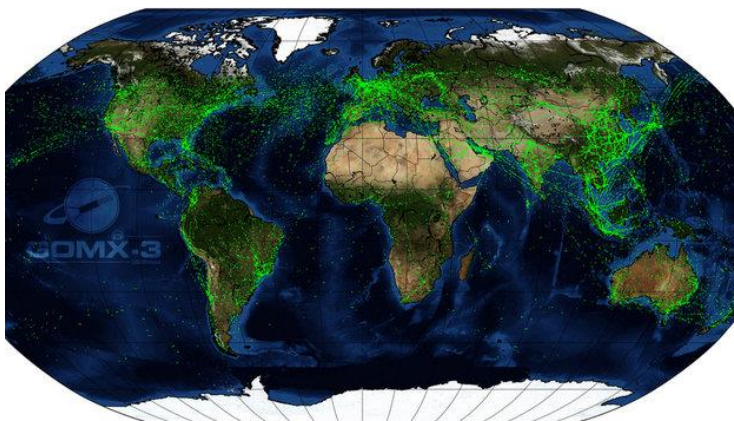
At fly ikke er overvåget til alle tider, og at det rent faktisk er muligt for en Boeing 777 at forsvinde fuldstændigt, kom nok som en overraskelse for de fleste mennesker, da Malaysian Airlines MH370 i 2014 gjorde netop det. To år senere er vraket stadig ikke fundet, og det til trods for at det Australiske Transport Safety Bureau indtil nu har undersøgt 100.000 kvadratkilometer havbund.⁶² Ligeledes forsvandt Air France AF447 fem år tidligere, i 2009, undervejs fra Rio de Janeiro i Brasilien til Paris, og dengang tog det næsten to år at finde flyets sorte bokse og bestemme årsagen til ulykken.

Den Internationale Civil Aviation Organisation (ICAO) har reageret på situationen og introduceret et krav om tracking af fly med højst 15 minutters interval mellem oplysninger om flyets position. Oplysningerne skal leveres af flyselskabet og effektueres fra 2018. ADS-C⁶³ er en satellitbaseret løsning leveret af Inmarsat, som kan opnå den nødvendige nøjagtighed krævet af ICAO, men to kommende løsninger (med dansk islæt) vil forbedre præstationen markant: GomSpace og NAVIAIR gennem Aireon.

Kort fortalt er forskellen på ADS-C og ADS-B, som anvendes i de kommende løsninger, opdateringshastigheden på flypositioner. Hvor ADS-C har et opdateringsinterval på ca. 15 min., har ADS-B en opdateringshastigheden på 8 sekunder. Begge danske løsninger anvender satellitter sammen med den eksisterende ADS-B-teknologi⁶⁴. ADS-B er et system, hvor en luftfartscertificeret GNSS-modtager beregner flyets position og udsender denne information sammen med retning og hastighed. På nuværende tidspunkt indsamles data af jordbaserede antenner, som giver flyvekontrolltjenester tilstrækkelig information til, at disse data kan anvendes som grundlag for flyvekontrollens adskillelse af fly i samme område. At antennerne til ADS-B er jordbaserede betyder imidlertid (pga. signalets rækkevidde), at kun ca. 30 % af jordoverfladen er dækket, og oceanerne ikke er, så i begge tilfælde (MH370 og AF447) var det ikke muligt at anvende ADS-B-signalet til at lokalisere vrage. For at et flyovervågningssystem kan anvendes til flyvekontrol kræves en latenstid i det tekniske system, som ikke overstiger 2 sekunder. Ligeledes skal opdateringshastigheden på flypositioner være lille og må ikke overstige 8 sekunder. ADS-B opfylder disse specifikke krav.⁶⁵

GomX-3 fra Gomspace er en tre-moduls CubeSat, som er blevet til med støtte fra ESA's GSTP⁶⁶. Figur 16 viser resultatet af satellittens første seks måneders operation, hvor hver grøn plet indikerer et identificeret og lokaliseret fly. Satellittens kredsløb er meget krævende, så den forventes at brænde op i jordens atmosfære i september 2016 efter ca. 11 måneders operation. GomX-3 har demonstreret potentialet i flyovervågning med CubeSat, og man kan let forestille sig, at en større konstellation af CubeSats kan levere en betragtelig forbedring i forhold til både ADS-C og eksisterende systemer over havet.

Figur 16. GomX-3 flyovervågning



Kilde: ESA

⁶² Australian Transport Safety Bureau (13 April 2016) *Operational update [on MH370]*.

⁶³ Automatic Dependent Surveillance – Contract.

⁶⁴ Automatic Dependent Surveillance – Broadcast.

⁶⁵ Opdateringsinterval på højst 8 sekunder og latenstid på højst 2 sekunder.

⁶⁶ General Support Technology Programme.

Den anden løsning med dansk islæt kommer fra NAVIAIR, den danske flyvekontrolltjeneste, som ejer 6 % af aktierne i Aireon, et joint-venture i samarbejde med det amerikanske satellitkommunikationsselskab Iridium (24,5 %), og flyvekontrolltjenester i Canada (51 %), Italien (12,5 %) og Irland (6 %).⁶⁷ Aireon har udviklet et ADS-B-modtagesystem, der bliver monteret på 66 Iridium NEXT-satellitter i Low Earth Orbit (ca. 780 km) og forventes klar i 2018. Resultatet er det første globalt dækkende overvågningssystem af luftfarten. Med 66 satellitter og Iridiums eksisterende kommunikationssystem, hvor alle satellitter er i konstant forbindelse med fire andre satellitter (to i det samme plan og en i hvert tilstødende plan) samt et veludbygget system af jordstationer kan Aireon tilbyde global ATC Surveillance. Som ekspert i flyvekontrol er NAVIAIRs rolle at sikre, at systemet opfylder alle krav til og ønsker fra flyvekontrolsegmentet.

Redningsaktioner i tilfælde af ulykker bliver mere effektive, når alle fly er overvåget på ATC Surveillance-niveau, og det relevante afsøgningssområde reduceres betragteligt. Dette er illustreret i tabellen nedenfor, som viser, at hvis MH370 (Boeing 777) havde været overvåget med ADS-B ville det relevante søgeområde være 4,1 kvadratkilometer, en markant forbedring af de indtil nu 100.000 kvadratkilometer, der er afsøgt.

Tabel 11. Afsøgningssområde ved forskellige flytracking-systemer

	Propelfly (eksempel)	Almindelig turboprop	Almindelig regional jet	Almindelig interkonti- ental jet	
	Cessna C172	Bombardier Dash 8	Boeing 737	Boeing 777	
	Hastighed (knob)	122	360	444	493
Afsøgningssområde (kvadratkilometer)	PIREP (30 min.)	12.763	111.129	169.039	208.409
	ADS-C (15 min.)	3.191	27.782	42.260	52.102
	SB ADS-B (8 sek.)	0,3	2,2	3,3	4,1

Note: Parentesen indikerer opdateringsfrekvens. PIREP: Pilotrapport over VHF, den eksisterende metode over oceanerne.

SB: Space-based.

Kilde: Aireon.

Aireon vil stille data vederlagsfrit til rådighed for redningstjenester i forbindelse med ulykker, men vil i øvrigt sælge data til flyvekontrolltjenester til brug for flyovervågning og dermed optimering af afvikling af lufttrafik samt til flyselskaber, så de kan leve op til ICAO's rapporteringspligt fra 2018. Også her spiller NAVIAIR en vigtig rolle i definitionen af tjenesterne, så de bliver mest brugbare.

Redning er ikke den eneste måde, hvorpå systemet bidrager til samfundsøkonomien. En væsentlig fordel ved systemet er, at fordi man kan overvåge alle fly i realtid, er det muligt at lade dem flyve tættere i meget trafikkerede korridorer (eksempelvis mellem Europa og Nordamerika). Aireons system tillader således, at fly kan flyve med 15 sømils afstand i stedet for de nuværende 60 sømil, hvilket sikrer, at fly kan stige til cruisinghøjde hurtigere, og flere fly kan udnytte de bedste jetstrømme, hvilket kan spare brændstof, tid og gavne samfundet ved at reducere negative miljømæssige eksternaliteter.

⁶⁷ NaviAir Aireon, tilgængelig her: <http://www.naviair.dk/aireon.1238.aspx> (tilgået 18. april 2016).

4.4.2 Case: Satellitbaseret skibsovervågning

Ulovligt fiskeri (IUU) er et problem, som har alvorlige konsekvenser for bæredygtigheden af fiskebestanden. Det er estimeret, at 500.000 ton ulovlige fisk med en markedsværdi på mere end 8 mia. DKK blev importeret til EU-lande i 2007.⁶⁸ Globalt er det beregnet, at 1 ud af 5 fisk fanges ulovligt og IUU er et stort problem, der årligt koster verdensøkonomien mere end 150 mia. DKK.⁶⁹

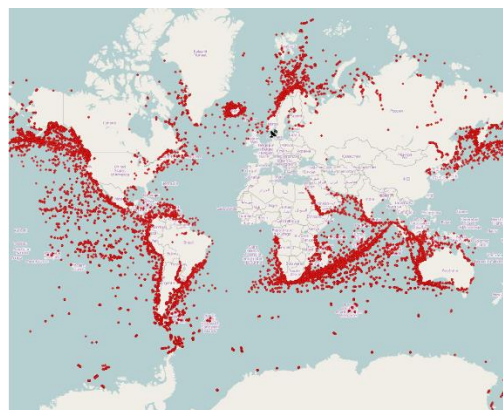
Den Internationale Maritime Organisation (IMO) kræver, at alle skibe på mere end 300 bruttoton, der sejler internationalt, alle passagerskibe samt alle skibe på mere end 500 bruttoton⁷⁰ skal være udstyret med en AIS-sender⁷¹. EU kræver tillige, at alle fiskebåde på mindst 15 meter skal være udstyret med AIS, og at fiskebåde på mellem 12 og 15 meter er udstyret med VMS⁷². Det er muligt at identificere eventuelt ulovlig aktivitet i Danmarks og Færøernes farvande ved at sammenligne JO-satellitbilleder med den information, man kan hente fra AIS. En fiskerbåd, der fisker ulovligt, slukker formodentlig sin AIS-sender, men kan så identificeres på billedet (optisk eller radar).

AIS-data kan komme fra forskellige kilder, hvoraf mange er jordbaserede modtagestationer. En mere effektiv måde at tilgå data ville være ved hjælp af en konstellation af satellitter, og studentersatellitterne AAUSAT-3⁷³ og AAUSAT-4⁷⁴ har demonstreret mulighederne. Satellitterne blev udstyret med en AIS-modtager bygget af GomSpace⁷⁵ og blev derfor i stand til at finde lokaliteten på alle skibe udstyret med AIS. Figur 17 viser de skibe, som AAUSAT-3 identificerede den 22. februar 2014.

Effektiv overvågning af fiskeri er den bedste måde at sikre, at de aftalte, bæredygtige, fiskekvoter bliver fulgt til gavn for den lovlige fiskeindustri og planetens biodiversitet. Et fransk⁷⁶ studie af brug af jordobservation til monitorering af landets eksklusive økonomiske zoner i Det Indiske Ocean har vist, at 90 % af ulovligt fiskeri var ophørt efter et år, og der var ingen rapporterede overtrædelser to år efter at projektet startede.

Udenlandske virksomheder (eksempelvis ExactEarth fra Canada) har også udviklet på teknologien og tilbyder nu satellitbaserede AIS-data på kommercielle vilkår.⁷⁷

Figur 17. AAUSAT-3 skibsovervågning



Kilde: AAUSAT-3

⁶⁸ Seafish (2012) The Seafish Guide to Illegal, Unreported and Unregulated Fishing, tilgængelig her:

http://www.seafish.org/media/742176/seafishguidetoIUU_201211.pdf.

⁶⁹ Satellite Applications Catapult (2014) Case Study: Ending Illegal Fishing, tilgængelig her: <https://sa.catapult.org.uk/documents/10625/53165/Case+Study+-+IUU+-+July+2014Final.pdf/fd32b1e8-f441-4cf1-a1b6-95764300b142>.

⁷⁰ IMO International Convention on the Safety of Life at Sea (SOLAS).

⁷¹ Automatic Identification System, en teknologi tilsvarende ADS-B for fly, hvor skibe konstant udsender position, identitet, hastighed og kurs. Skibe og kyststationer inden for ca. 50 sømil indsamler oplysningerne.

⁷² Council Regulation (EC) No 1224/2009 of 20 November 2009 establishing a Community control system for ensuring compliance with the rules of the common fisheries policy, amending Regulations (EC) No 847/96, (EC) No 2371/2002, (EC) No 811/2004, (EC) No 768/2005, (EC) No 2115/2005, (EC) No 2166/2005, (EC) No 388/2006, (EC) No 509/2007, (EC) No 676/2007, (EC) No 1098/2007, (EC) No 1300/2008, (EC) No 1342/2008 and repealing Regulations (EEC) No 2847/93, (EC) No 1627/94 and (EC) No 1966/2006.

⁷³ Se <http://www.space.aau.dk/aausat3/> for mere om AAUSAT-3.

⁷⁴ Se <http://www.space.aau.dk/aausat4/> for mere om AAUSAT-4.

⁷⁵ Se <http://gomspace.com/index.php?p=products-satlabais> for mere om GomSpaces Satlab QubeAIS modtager.

⁷⁶ OECD (2008) *Space technology and climate change*.

⁷⁷ www.exactearth.com.

4.4.3 Case: Demente borgere – øget tryghed samt besparelser til samfundet

Demens er en fællesbetegnelse for en række sygdomstilstande, som er karakteriseret ved vedvarende svækkelse af mentale funktioner. Svækkelsen af mentale funktioner kan medføre, at demente ikke kan finde hjem, når de færdes ude på egen hånd. Dette leder i sagens natur til stor bekymring for de pårørende. Derudover er der ofte store samfundsmæssige omkostninger forbundet med at lede efter de forsvundne demente borgere.



I dag kan GPS-teknologi anvendes til at spore den demente. For eksempel tilbyder en dansk producent en halskæde med indbygget GPS og alarmsystem⁷⁸. Så længe de demente har halskæden på, vil pårørende være i stand til at lokalisere dem. GPS-systemet kan også anvendes til at opsætte personlige tryghedszoner, så de pårørende får besked, hvis de demente bevæger sig uden for disse zoner. GPS-udstyret bidrager derfor til at skabe øget tryghed hos de pårørende. Værdien af denne tryghed er naturligvis svær at måle. Men ABT-fonden forventer at den øgede tryghed medfører, at demente, som bor sammen med en pårørende, kan bo længere i hjemmet.

Ved at anvende data fra analysen "Demonstrationsprojekt med brug af GPS system i eget hjem"⁷⁹ er det estimeret, at der i 2011 var omkring 40.700 demente, der boede hjemme med en pårørende. Analysen indikerer, at 42 pct. af de hjemmeboende demente kan blive længere i hjemmet som følge af GPS-udstyr. Når demente bliver længere i hjemmet spares plads og personale på demensplejehjem. Analysen vurderer, at den årlige besparelse udgør cirka 108.000 DKK pr. dement⁸⁰ som bliver boende længere hjemme. Besparelsen er baseret på tal fra en slutevaluering af fem kommuners brug af GPS-sporing af demente på plejehjem foretaget for ABT-fonden i 2011 og dækker over, at den ældre kan blive længere i eget hjem samt personale og politiressourcer til eftersøgning. **Den samlede potentielle besparelse bliver dermed 1,9 mia. DKK pr. år** ved at demente bor længere hjemme. Her tages der ikke hensyn til eventuelle forskelle i omkostningerne for den demente ved at bo henholdsvis hjemme eller på institution.

Ud over besparelser ved at bo længere i eget hjem, sparede samfundet også omkostninger til eftersøgning. I analysen fra ABT-fonden er angivet antallet af eftersøgninger af demente i 1. kvartal 2011. Baseret på 1. kvartal vurderes det, at der årligt er cirka 340 eftersøgninger af demente på landsplan. Ud fra en antagelse om, at en eftersøgning består af 6 timers arbejde for 8 politibetjente, er det i ABT-fondens analyse vurderet, at en eftersøgning koster ca. 12.800 DKK. På denne baggrund vurderes det, at den **samlede potentielle besparelse ved færre eftersøgninger af demente svarer til cirka 4,4 mio. DKK årligt.**

⁷⁸ Kilde: <http://www.videnscenterfordemens.dk/pleje-og-behandling/pleje-og-omsorg/teknologiske-hjaelpemidler/gps-sporingsenhed-til-personer-med-demens/>.

⁷⁹ Kilde: ABT-fonden 2011.

⁸⁰ Kilde: Demonstrationsprojekt med brug af GPS system i eget hjem. <http://www.digst.dk/~media/Afsluttede-projekter/GPS-med-tilkaldeknapp-til-demente/Slutevaluering---GPS-til-demente.pdf?la=da>.

Flertallet af danske kommuner anvender GPS til sporing af personer med demens. I forbindelse med tv-programmet *'DR2 undersøger: De forsvundne demente'*, sendt oktober 2014, blev kommunerne i 2014 spurgt om deres brug af GPS. 67 ud af de 71 deltagende kommuner anvendte GPS, men antallet af GPS-enheder i den enkelte kommune varierede meget.⁸¹ Systemet forudsætter, at der er en omsorgsgiver til at modtage meldinger fra GPS'en og til at spore den demente. Denne person skal have de tekniske kompetencer samt tid og ressourcer til at spore og hente den demente. Dette kan betyde, at det fulde potentiale beskrevet ovenfor ikke er muligt at realisere.

⁸¹ Kilde: <http://sarita.dk>.

5. DANMARKS STYRKEPOSITIONER

Med afsæt i den faktabaserede kortlægning og beskrivelse af rumområdet i Danmark (kapitel 3) og endvidere vurderingen af områdets samfundsøkonomiske gevinster (kapitel 4) vurderes i det følgende, hvilke dele af rumområdet i Danmark der repræsenterer styrkepositioner for henholdsvis erhvervsliv, forskning og myndigheder – og deres samspil.

Styrkepositioner forstås i nærværende sammenhæng som de dele af rumområdet, der skaber relativt meget værdi. Hvilke erhvervsområder skaber fx relativt stor økonomisk værdi og kan derigennem drive forretningsmæssig attraktivitet og investeringstilbøjelighed? Hvilke forskningsområder vurderes fx til at være længst fremme og skabe mest og bedst forskning? Og på hvilke områder leverer myndigheder fx tilstrækkelig kvalitet til brug for andre myndigheder og slutbrugere blandt borgere og virksomheder? Der er her tale om vurderinger, som triangulerer alle typer kvantitative og kvalitative data fra kortlægningen samt den erfaringsbaserede vurdering fra Rambøll og London Economics.

Det ligger uden for rammerne af denne kortlægning at analysere komparative fordele via sammenligninger på tværs af lande, omend der dog indgår sammenligninger af en række lande i den deskriptive gennemgang af rumområdet i dag. Derfor fokuseres der på sammenligninger inden for det danske rumområde, fx mellem styrkepositioner på tværs af satellitteknologierne jordobservation, navigation og kommunikation.

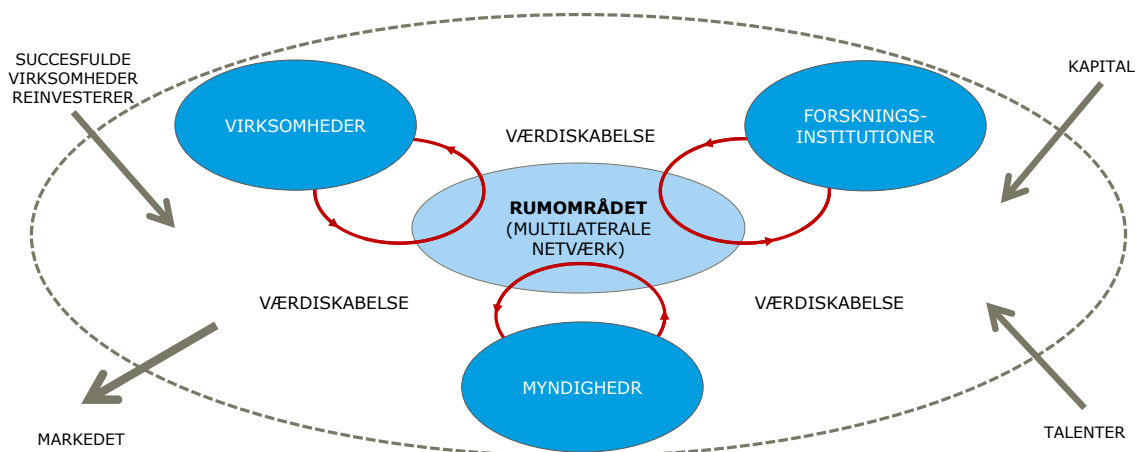
I nærværende kapitel er der tale om aktuelle styrkepositioner, baseret på senest tilgængelige data (fx virksomhedsdemografiske registerdata fra 2013 eller aktuelle kvalitative interview). Aktuelle styrkepositioner, som giver grundlag for at diskutere de fremadrettede kommercielle muligheder samt myndighedernes fremtidige behov behandles i de følgende kapitler.

5.1 Styrkepositioner i samspillet mellem erhvervsliv, forskning og myndigheder

Styrelsen for Forskning og Innovation foretog i 2011 en afdækning af de økonomiske effekter af erhvervslivets forsknings samarbejde med offentlige vidensinstitutioner. Analysen viste bl.a., at forsknings- og udviklingsaktive virksomheder, der investerer i forskning og udvikling i forbindelse med et universitetssamarbejde, årligt har 6,8 % højere produktivitet end forsknings- og udviklingsaktive virksomheder uden universitetssamarbejde.

Man kan betragte rumområdet som et system af netværk mellem virksomheder, forskningsinstitutioner og myndigheder, der hver især skaber værdi, innovation og vækst i snitflader med synergi mellem de forskellige aktører. Heraf følger, at en forskningsmæssig styrkeposition eksempelvis kan have væsentlig afsmittende betydning for forretningsudvikling og investeringer blandt virksomhederne og dermed generere erhvervsmæssige styrkepositioner. Tilsvarende kan en forskningsmæssig styrkeposition bidrage til, at myndigheder får nye muligheder for at levere ydelser til andre myndigheder eller virksomheder og borgere. Nedenstående figur illustrerer denne synergi mellem aktørerne på rumområdet i Danmark og er baseret på kortlægningens mange interview med virksomheder, forskningsinstitutioner og myndigheder.

Figur 18. Værdiskabelse i et system mellem virksomheder, forskningsinstitutioner og myndigheder

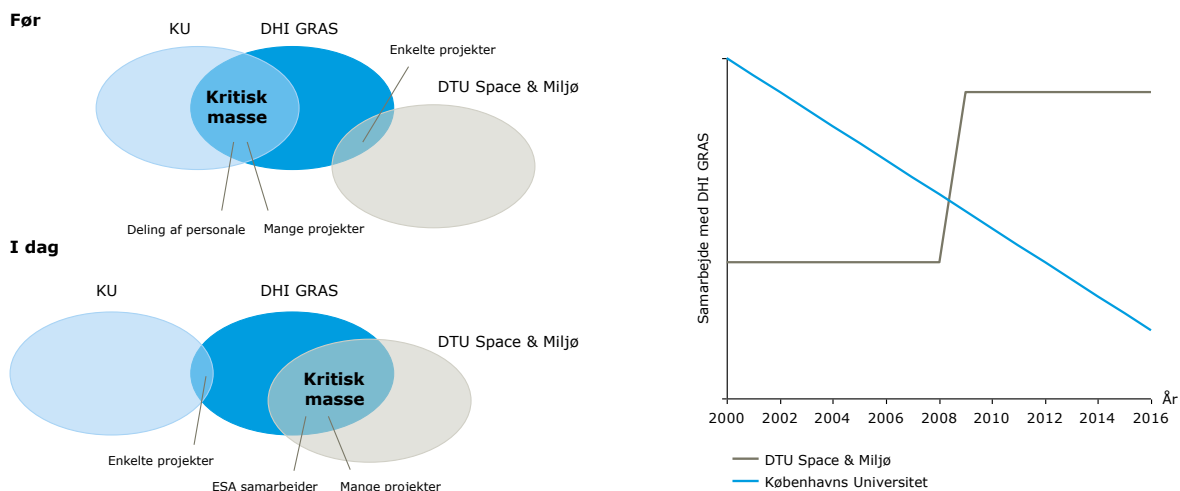


Kilde: Rambøll og London Economics.

Kortlægningen indeholder en række interessante eksempler på samspil mellem styrkepositioner blandt de forskellige aktører. Eksempelvis har relationer mellem Aalborg Universitet (AAU) og virksomheden GomSpace (der bl.a. producerer nanosatellitter) haft afgørende betydning for virksomhedens udviklingsaktiviteter og væsentlige vækst de seneste år.

I ovenstående eksempel er der tale om en aktuell synergi mellem AAU og GomSpace. Men synergier er dynamiske og flytter sig netop derhen, hvor de skaber mest værdi. Det illustreres eksempelvis af det væsentlige samarbejde, som DHI GRAS (distributør af satellitbilleder) tidligere har haft med Københavns Universitet (KU), men som nu har skiftet til at være et intensivt samarbejde med DTU Space.

Figur 19. Udvikling i samarbejdet mellem DHI GRAS og de danske forskningsinstitutioner



Note: Illustrativ beskrivelse på baggrund af Rambølls erfaringer.

Med en række eksempler og kvalitative interview som afsæt vurderes relationerne mellem aktørerne inden for rumområdet sammenfattende at være en kritisk faktor med væsentlig betydning for værdiskabelsen, herunder for kommercielle muligheder, forskningspotentialer og nye roller for myndighederne. I forlængelse heraf vurderes samarbejdet mellem de forskellige aktører at fungere

relativt godt på det danske rumområde. Imidlertid er der også en række forhold, som af aktørerne opleves som barrierer for videreudvikling af styrkepositionerne. Det drejer sig især om kritisk masse og investeringstilbøjelighed. Eksempelvis oplever mange virksomheder, at kvaliteten af dansk forskning er ganske høj, men at den kritiske masse i en række forskningsmiljøer er begrænset. Tilsvarende vurderes investorer ofte at være tilbageholdende med at investere i nye projekter, hvilket kan have en dæmpende virkning på vækst og værdiskabelse.

5.2 Erhverv

I vurderingen af erhvervsmæssige styrkepositioner er det nyttigt at opdele industrien i mindre enheder, som kan analyseres mere detaljeret. De mest informative statistiske parametre for analysen er værditilvækst, omsætning og eksport.

5.2.1 Upstream

Upstream-sektoren er en relativt lille del af den danske rumøkonomi, som noterer sig for 7 % af omsætningen og 14 % af sektorens beskæftigelse.

Med 52 % er **værditilvæksten som andel af samlet omsætning** næsten dobbelt så høj for upstream-aktiviteterne end for rumøkonomien som helhed (27 %), og med 94 % er eksportandelen af omsætningen markant højere end for downstream-segmentet (58 %). En stor del af omsætningen i upstream-segmentet (ca. 40 %) genereres gennem ESA- og andre offentlige udbud, suppleret med kommercielt salg, primært til udlandet.

Med deltagelse i 38 satellitmissioner siden 1972 er **Terma** den største og mest erfarne danske virksomhed i upstream-segmentet. Ud over missioner til rumagenturer har Terma bidraget til satellitter til det britiske og canadiske forsvar og var hovedleverandør på Ørsted-satellitten i 1999. Af virksomhedens missioner er 25 blevet opsendt efter Ørsted.⁸²

Med 15 satellitmissioner (1999 – 2020) er **DTU** også en væsentlig spiller i den danske upstream-sektor. På samme måde som Terma var DTU en vigtig aktør ift. Ørsted og har formået at videreudvikle de kompetencer, man derigennem opnåede til at blive en international spiller på markedet for satellitkomponenter. DTU har således deltaget i adskillige NASA-missioner på kommercielle vilkår, herunder Juno og NuSTAR.⁸³ Ørstedes afløser, ESA-missionen Swarm, blev opsendt i 2013 og ledes af DTU.

Med mere end 120.000 komponenter leveret til over 100 forskellige rumprogrammer verden over er **Flux**, som producerer magnetiske komponenter og strømforsyninger til satellitter, verdens førende inden for sit felt. Flux spænder vidt inden for satellitteknologi og har leveret komponenter til navigation⁸⁴, jordobservation⁸⁵ og kommunikation, og som leverandør til satellitproducenterne Thales Alenia Space og Airbus samt komponenter til satellitter ejet af Pendrell Corporation, GlobalStar, Inmarsat og ESA's Alphasat/Alphasat. Derudover har alle ESA's videnskabelige missioner i mere end to årtier haft Flux-komponenter. Virksomheden er også aktiv inden for bemanded rumfart med komponenter i både det russiske og europæiske modul på ISS og ESA's Automated Transfer Vehicle. Endvidere har virksomheden leveret komponenter til de europæiske og japanske løfteraketter og transport kapsler.⁸⁶

Aalborg Universitet havde en CubeSat på den første opsendelse af de små 10x10x10 cm³ standardiserede satellitter. Med fem opsendte satellitter (hvoraf en fejlede) er AAU en vigtig spiller inden for feltet. AAU's satellitter er bygget af studenter med begrænset hjælp fra universitetets forskere.

⁸² <http://www.terma.com/space/terma-space-missions/>.

⁸³ http://www.space.dtu.dk/Forskning/Projekter/Oersted_satellitten.

⁸⁴ Galileo, GLONASS med flere.

⁸⁵ Envisat, MetOp, Meteosat, Copernicus Sentineller, og nationale programmer i Japan og Indien.

⁸⁶ Se <http://www.flux.dk/markets/space.aspx> for mere information.

Teamet fra den første satellit grundlagde sidenhen GomSpace (også i Aalborg), og der er en tydelig synergi mellem de to organisationer. GomSpace vokser eksplosivt for tiden (100 % vækst over 2015-16), og det tætte samarbejde med AAU er en god måde for virksomheden at rekruttere kompetente medarbejdere. GomSpace eksporterer til kunder i 48 lande og har samarbejdet med ESA om konstruktion af GomX-3.

Ud over satellitter er den danske upstream-sektor stærk i systemer til ISS, hvor Danish Aerospace Company har leveret adskillige løsninger inden for astronauters træning og sundhed, herunder de kondicykler der bruges på ISS. Danish Aerospace Company er også udvalgt som en af syv operatører af europæiske ISS-kontrolcentre.

5.2.2 Downstream

Med 93 % af den rumrelaterede omsætning i Danmark er downstream-segmentet langt det største. Grundlæggende kan downstream defineres som de aktiviteter, der sælger data og tjenester til brugere baseret på satellitter i rummet. Det er derfor nyttigt at sammenligne forskellige typer downstream-virksomheder, hvor grupperingen er givet ved placering i værdikæden og den satellit-type, der leverer data. Downstream-segmentet er domineret af tre typer aktivitet, nemlig **fremstilling af brugerenheder** (36 % af omsætning), **salg af rumtjenester**⁸⁷ (30 %) og **salg af brugerenheder** (24 %).

Med mere end 95 % af omsætningen genereret ved eksport er fremstilling af brugerenheder en klar dansk styrke. De **17** analyserede virksomheder på området tæller blandt andre Cobham Satcom og Satcom1, som begge producerer satellitkommunikationsterminaler og er blevet opkøbt af udenlandske ejere inden for de seneste år⁸⁸ samt Triax, som er en internationalt førende producent af paraboler, LNB-hoveder og modtagerbokse til parabol-tv.

Salg af rumtjenester (19 virksomheder) indbefatter parabol-tv-leverandørerne Viasat og Canal Digital (hvis rumomsætning tilsammen udgør ca. 1 mia. DKK), teleport-operatører samt mobil- og fast satellitkommunikationsydere. Som operatør af et af de syv europæiske ISS-kontrolcentre kan Danish Aerospace Company siges at være en førende virksomhed, men grundet det primært nationale fokus i denne aktivitet og fraværet af store teleports i Danmark, kan feltet som helhed ikke betragtes som en styrkeposition for Danmark.

Salg af brugerenheder, som er størst for så vidt angår antallet af virksomheder, er også en bred kategori af aktiviteter fra store internationale virksomheders danske og nordiske hovedkvarterer (Leica Geosystems, Furuno, Garmin, Polar Electro m.fl.) til små og mellemstore danske virksomheder, der er aktive i forskellige rumrelevante nicher som GPS-overvågning af demente, børn og køretøjer, maritime elektroniske løsninger inklusive satellitkommunikation og navigationsapparater samt landbrugsprodukter.

Med få undtagelser er de ca. 60 virksomheder inden for rumbaserede software- og konsulenttjenester samt følgeservices små virksomheder med begrænset rumomsætningsgrad og relativt få ansatte. Også her findes førende virksomheder inden for specifikke nicher – et eksempel er Cubris, der leverer de GNSS-baserede lokomotivførervejledningssystemer, der bruges af DSB, én ud af en håndfuld virksomheder globalt med kompetencer inden for feltet. DHI GRAS er et jordobservationskonsulentfirma, der er udsprunget af Københavns Universitet, og som er særlig stærk på vandrelaterede projekter i Danmark og i den tredje verden. **TICRA** er en software- og konsulentvirksomhed med mere end 40 års erfaring i analyse og modellering af satellitantenner. TICRAs produk-

⁸⁷ Herunder operation af jordstationer (teleports) og parabol-tv.

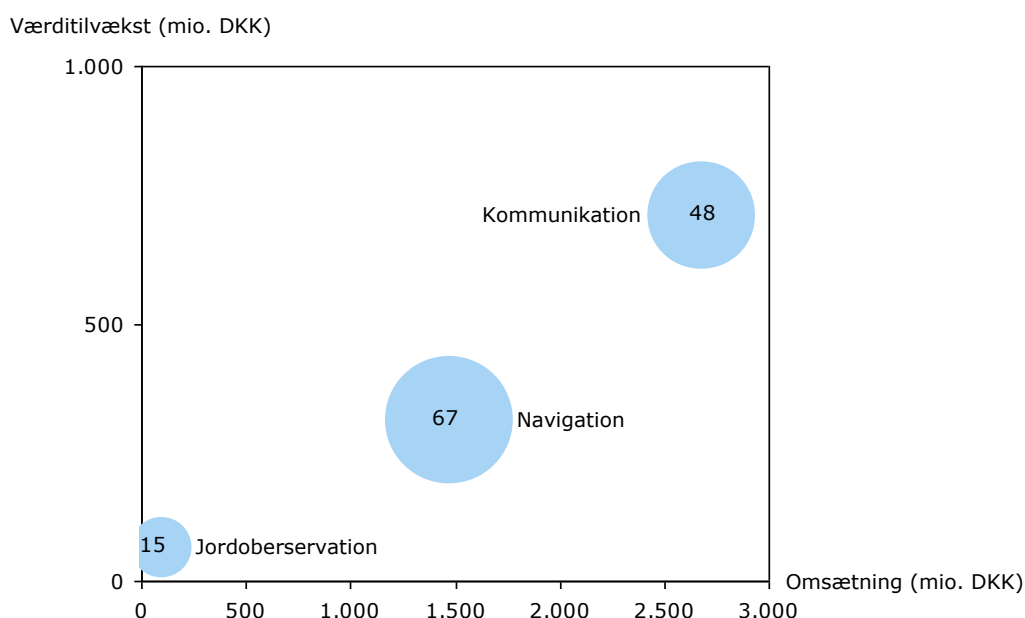
⁸⁸ Thrane & Thrane købt af Cobham i 2012 for 281 mio. pund (<http://www.cobhaminvestors.com/our-business-and-strategy/acquisitions-and-disposals.aspx>) og Satcom1 købt af Honeywell i 2015.

ter anvendes verden over og bruges blandt andet i ESA's Planck-mission samt af til fremstilling af private satellitter, bl.a. af Thales Alenia Space.⁸⁹

En anden gruppering af downstream-virksomheder er givet ved, hvilken type satellitdata virksomheden behandler og sælger (apparater til). Som tidligere nævnt er der grundlæggende tre typer satellitdata, nemlig jordobservation, navigation og kommunikation.

Figuren nedenfor viser, at der er stor forskel på finansielle og regnskabsdata for de forskellige teknologier. Størst på omsætning og værditilvækst er satellitkommunikation, hvor de store virksomheder nævnt ovenfor (Viasat, Canal Digital, Cobham Satcom og Triax) står for den største del af omsætningen med ca. 63 %. Navigation følger som næststørst med 35 % af omsætningen og jordobservation som den mindste teknologi med 2 %. Dette resultat er i tråd med OECD's *Space Economy at a Glance 2014*, hvor kommunikation udgør ca. 70 % af omsætningen, navigation ca. 29 % og jordobservation den resterende 1 %. Jordobservation er ikke kommercialiseret på samme måde som de to andre teknologier. Ulig navigation og kommunikation er der ikke et marked for fysiske apparater på jorden, så omsætningen fra jordobservation er begrænset til salg af tjenesteydelser.

Figur 20. Værditilvækst og omsætning for de danske virksomheder i 2013, opdelt på satellitteknologi



Note: Størrelsen på de enkelte bobler illustrerer, hvor mange danske virksomheder der beskæftiger sig med området. Summen af antallet af virksomheder er forskellig fra det samlede antal, da virksomheder kan være aktive inden for forskellige teknologier.

Kilde: Rambøll og London Economics' analyse og Danmarks Statistik-data.

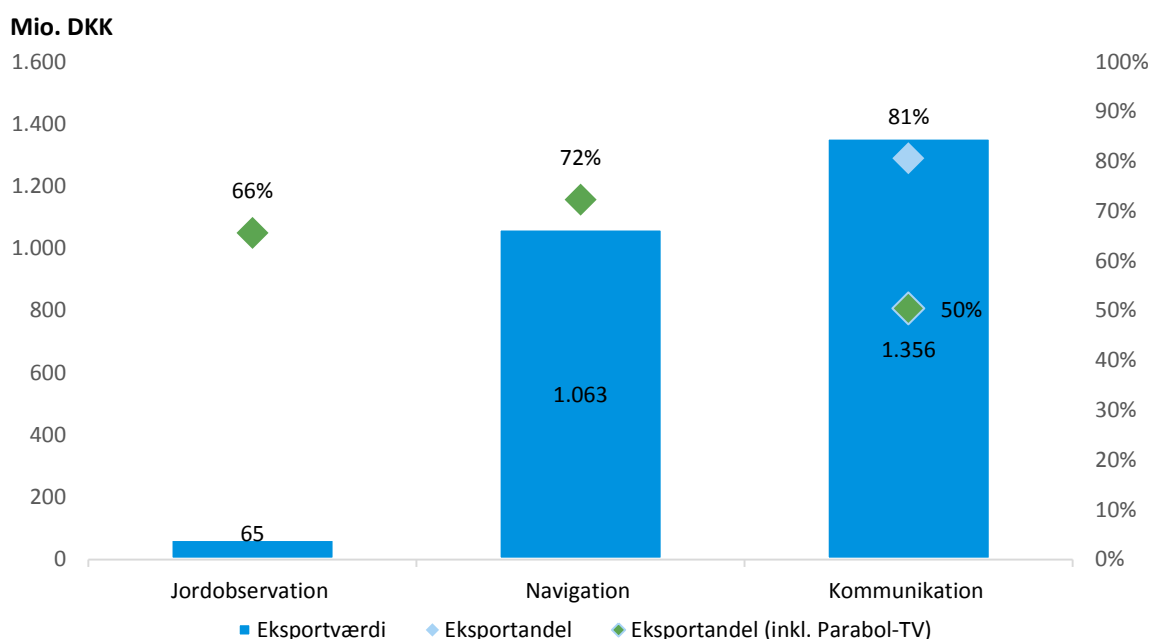
I OECD's analyse tegner parabol-tv sig for 54 % af omsætningen, mens de danske udbydere er estimeret til at udgøre ca. 25 %. Man kan derfor konkludere, at de øvrige danske satellitkommunikationsvirksomheder udgør en forholdsmæssigt større andel af den danske rumøkonomi.

Styrken af de danske satellitkommunikationsaktiviteter ses også ved analyse af virksomhedernes eksport (se Figur 21). I **værdi** er satellitkommunikation den mest eksporterende teknologi fulgt af navigation og jordobservation. At **andelen** af omsætning, der er genereret i udenlandske markeder, er lavest for satellitkommunikation, skyldes, at ca. en fjerdedel af den danske rumøkonomi (og 40 % af satellitkommunikation) udgøres af parabol-tv, med begrænsede eksportmuligheder. Hvis

⁸⁹ <http://www.ticra.com/products/software>.

parabol-tv udelades af analysen, har satellitkommunikation en eksportandel på 81 %, hvilket er illustreret i figuren nedenfor.

Figur 21. Danske downstream-virksomheders eksport i 2013 opdelt på satellittype, mio. DKK



Kilde: Rambøll og London Economics' analyse og Danmarks Statistik-data.

Note: Den skraverede eksportandel angiver eksportandelen for satellitkommunikation, når parabol-tv udelades af analysen.

Downstream-styrkepositionen i satellitkommunikation skyldes primært få store, førende virksomheder på feltet, men det kan ikke skade, at nogle af de væsentlige brugere af satellitkommunikation (fragtskibe, fiskere, Nordsø-oliesektoren) alle er at finde i det danske samfund.

5.2.3 Udenlandske investeringer

Omtrent en fjerdedel af danske rumvirksomheder har udenlandske ejere, og andelen af omsætning der skabes i udenlandsk-ejede virksomheder, er endnu større. Der findes to typer af udenlandsk-ejede virksomheder: De virksomheder, der er grundlagt i Danmark og som siden er blevet overtaget af udenlandske virksomheder⁹⁰ og de virksomheder, der er grundlagt som udenlandske virksomheders danske (eller nordiske) hovedkvarterer.⁹¹

Til den første kategori hører Cobham Satcom, Satcom1, Flux, Garmin Danmark, SSBV-Rovsing, Spirent og Leica Geosystems Technology.⁹² Baseret på årsrapporter hos cvr.dk er det beregnet, at rumomsætningen for disse seks virksomheder er mindst 2 mia. DKK, og man kan med rimelighed antage, at alle de opkøbte virksomheder har haft væsentlige kompetencer, som større udenlandske virksomheder har ønsket at overtage sammen med adgangen til det danske marked.

5.2.4 Internationale tendenser

I analysen af erhvervsmæssige danske styrkepositioner er det også brugbart at betragte de internationale tendenser inden for rumindustrien og vurdere, hvorledes danske virksomheder er stillet i forhold til udnyttelsen af disse tendenser.

⁹⁰ Kendt som brownfield FDI.

⁹¹ De såkaldte greenfield aktiviteter.

⁹² Bureau van Dijk, Zephyr database. Overtagelser siden 2000.

The Space Report⁹³ opdeler rumrelateret økonomisk aktivitet baseret på kundens type – offentlig eller privat. I 2009 var 33 % af den økonomiske aktivitet drevet af offentlig efterspørgsel, men i de senere år er der sket et skift i retning af det private marked, og i 2014 var dette tal faldet til 24 %.

Dette skifte skyldes blandt andet en ny type af rumorganisationer benævnt **New Space**, som beskriver et nyt, men hurtigt voksende globalt netværk af entreprenører, private virksomheder og organisationer, som besidder en eller flere af følgende karakteristika:⁹⁴

- Brug af **privat finansiering** (nogle gange støttet af offentlige udbud)
- **Lav omkostningsbase** for at sikre konkurrencedygtige priser
- **Innovativ udvikling** fra 'en blank side', dvs. teknologisk udvikling uden hensyntagen til eksisterende metoder
- **Trinvis udvikling** finansieret af kommercialisering af modeller med begrænsede, men fokuserede anvendelsesmuligheder
- **Måltrettet mod kommercielle markeder** som eksempelvis rige individer eller forbrugermarkedet
- **Lukrativt tilbagebetalingspotentiale** pga. høj efterspørgsel og stordriftsfordele

Et oprindeligt mål var at øge menneskets tilstedeværelse i rummet, men dette mål blev siden udvidet til at dække kommercielle og samfundsmæssige mål (billig adgang til rummet, satellitbaseret bredbånd og kommunikation).

Skønt New Space indbefatter mange af de områder, hvor rumøkonomien udvikler sig, er der andre områder med relevans for Danmark. Disse er refereret og diskuteret nedenfor:

- **New Space Age**

Takket være årtiers investeringer i forskning og udvikling, udforskning og konstruktion af infrastruktur er vi nu på vej ind i en "New Space Age" – applikationernes tid. I kraft af udbredelsen af smartphones og satellitbaseret kommunikation har forholdet mellem den almindelige borger og rummet ændret sig mere i det seneste årti end i de fire foregående årtier tilsammen.

- Danske virksomheder inden for rumapplikationer (eksempelvis flådestyring og satellitkommunikation) har vist, at der er kompetencer til at udnytte de markeder, der åbnes.

- **Værdikædens internationalisering**

Som alle andre økonomiske sektorer skal rumøkonomien tilpasse sig globaliseringen og sikre succes på trods af international konkurrence. Danske virksomheder har succes med at vinde kontrakter fra ESA, NASA og andre internationale rumagenturer. Internationaliseringen er en mulighed for danske virksomheder til at vokse og eksportere produkter og tjenester til hele verden.

- Siden 2010 har danske virksomheder bidraget til satellitmissioner med ESA, NASA, EU-METSAT samt de japanske, russiske, canadiske, italienske og franske rumagenturer som kunder. Med mere end 90 % af eksporten af upstream-produkter og -tjenester samt fremstilling af brugerenheder er det tydeligt, at visse danske rumaktiviteter er godt stillet i forhold til at udnytte internationaliseringen i fremtiden.⁹⁵ At mange danske rumvirksomheder er ejet af udenlandske virksomheder, er et andet eksempel på, hvordan internationaliseringen påvirker Danmark.

⁹³ Space Foundation (2015) *The Space Report 2015*.

⁹⁴ Kilder: Space Frontier Foundation <http://spacefrontier.org/what-is-newspace/>. Lindsey, Clark S. "Defining NewSpace", Hobby Space <http://www.hobbyspace.com/NewSpace/index.html#Define> (begge tilgået: 15th October 2015).

⁹⁵ DTU og Terma hjemmesider: http://www.space.dtu.dk/Forskning/Projekter/Oersted_satelliten og <http://www.terma.com/space/terma-space-missions/>.

- **Internet-of-Everything and Everywhere**

I fremtiden vil Internet-of-Things (IoT) skifte til Internet-of-Everything, hvor alle produkter forventes at være forbundet til internettet. Mange virksomheder har forsøgt at beregne markedets størrelse, og Cisco estimerer eksempelvis, at markedet kommer til at skabe værdi for \$19 billioner over det næste årti.⁹⁶ For at skabe værdi skal 'produktet' være forbundet til internettet, og satellitkommunikation er uovertruffen til at skabe forbindelse rundt omkring på kloden. Derudover gælder, at produkter der ved hvor de er (eksempelvis ved GNSS), kan skabe mere værdi.

- Flådestyring er en af de mest udviklede IoT-applikationer, og danske virksomheder er væsentlige spillere på det hjemlige marked. Virksomheder, der fremstiller enheder til satellitkommunikation som Cobham Satcom og Satcom1 (kommunikationsantenner til fly), er godt stillede til at udnytte det voksende IoT-marked.

- **Small Satellite Revolution**

Udgifterne til transport af isenkram fra jorden til kredsløb beregnes baseret på vægt og er betragtelige. NASA beregner således, at det koster ca. 20.000 \$ pr. kilogram at nå Low Earth Orbit.⁹⁷ Med andre ord kan mange udgifter spares, hvis det er muligt at reducere satellitters vægt. Små og nano-satellitter som CubeSats gør det muligt at sende mange flere satellitter i kredsløb for den samme pris som en af de store, og innovative virksomheder som Planetlabs og SpaceX har planer om store konstellationer af små satellitter i de kommende år. I 2014 blev 191 satellitter mellem 1 kg og 100 kg opsendt – en stigning på 95 % i forhold til året før.⁹⁸

- GomSpace er et stærkt eksempel på en dansk spiller inden for CubeSats, og virksomheden kan få stor gavn af den stigende tendens til opsendelser af CubeSats. Aalborg Universitet og DTU havde satellitter på den første opsendelse af CubeSats, og studentermiljøet på AAU har fortsat aktiviteten, senest med den opsendte satellit sammen med Sentinel 1-B, 25. april 2016.⁹⁹ GomSpace blev startet af en del af det oprindelige team på den første satellit fra AAU.

5.3 Forskning

Forskningsmæssige styrkepositioner kan vurderes på forskellige måder. I nærværende sammenhæng fokuseres først og fremmest på tildeling af forskningsmidler, som en indikator for et områdes konkurrencemæssige evne til at tiltrække investeringer. Endvidere inddrages en bibliometrisk vurdering af forskellige forskningsområders evne til at producere litteratur, hvilket også er en indikator på forskningsmæssig konkurrencekraft, da udgivelser bl.a. er afhængige af forskningsmidler, men også af konkurrence om optagelse i peer-reviewed tidsskrifter.

Nedenstående figur viser antallet af ESA-bevillinger til danske universiteter fordelt på forskningsområder. Som det fremgår af figuren, er den største samlede volumen af ESA-bevillinger, med 233 bevillinger, tildelt forskningsområdet jordobservation, der således udgør et stærkt forskningsmiljø – men ikke i samme grad udnyttes kommercielt i erhvervmæssige sammenhænge. Omvendt forholder det sig med de to stærkeste forretningsområder navigation og kommunikation, der med hhv. 15 og 2 bevillinger er tildelt et væsentligt lavere antal samlede bevillinger – især set i lyset af deres omsætningsmæssige volumen som erhvervsområde.

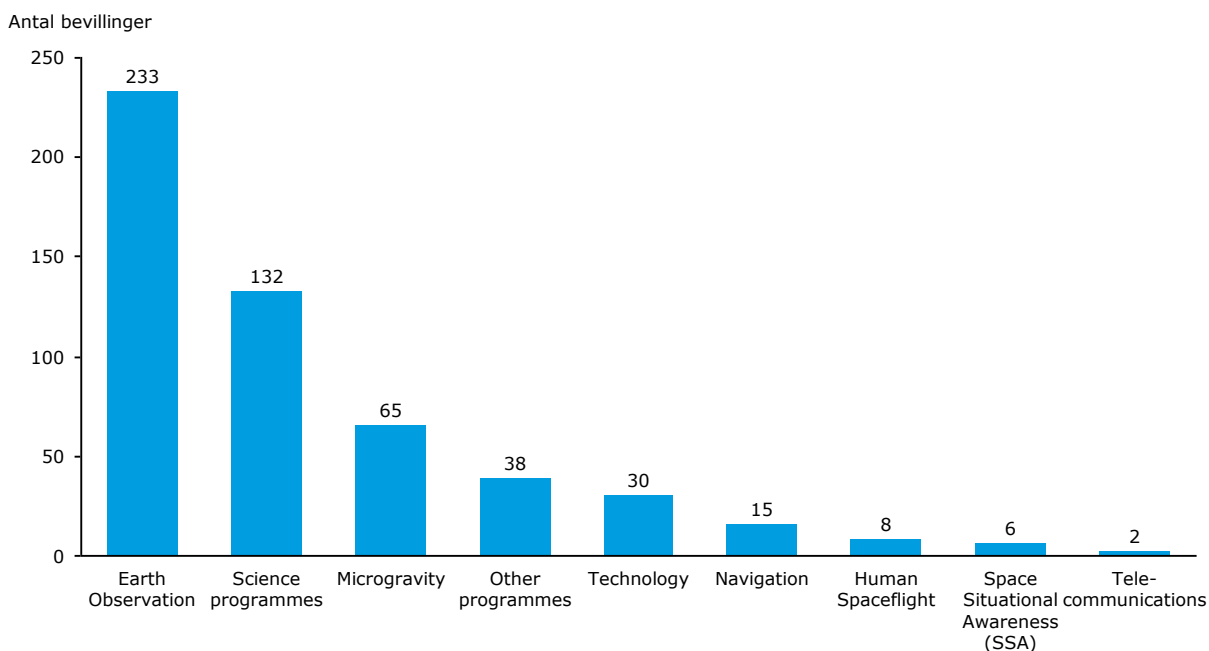
⁹⁶ Se <https://agenda.weforum.org/2014/01/are-you-ready-for-the-internet-of-everything/>.

⁹⁷ Angivet som 10.000\$ pr. pund, http://www.nasa.gov/centers/marshall/news/background/facts/astp.html_prt.htm

⁹⁸ <https://next.ft.com/content/2ad23aca-e55a-11e4-bb4b-00144feab7de>.

⁹⁹ Se <http://www.space.aau.dk/ausat4/> (tilgået 26. april 2016).

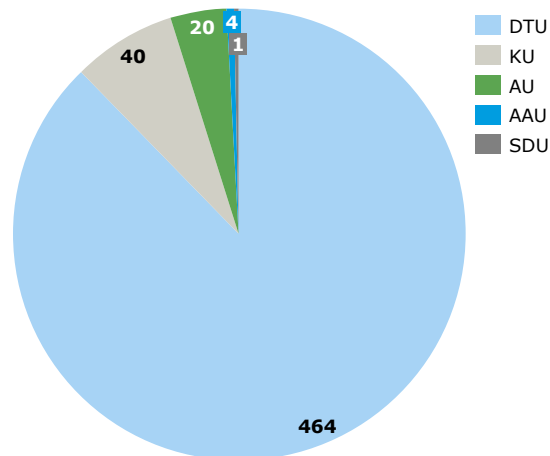
Figur 22. Antal af ESA-bevillinger til danske universiteter 2000-2014, fordelt på forskningsområder



Kilde: Rambøll og London Economics på baggrund af data fra Styrelsen for Forskning og Innovation vedr. danske aktiviteter i relation til ESA

Hvis blikket rettes mod den relative styrke mellem forskningsinstitutioner er det klare billede, at DTU hjemtager langt hovedparten af ESA-bevillingerne. Nedenstående figur viser således, hvordan ESA-bevillinger fordeler sig mellem danske universiteter i perioden 2000-2014, hvor man samlet set modtog 529 bevillinger. Heraf gik 464 bevillinger (88 pct.) til DTU, mens 40 (8 pct.) gik til KU og 20 (4 pct.) til AU. Billedet understøtter, at DTU udgør den væsentligste forskningsinstitution på rumområdet i Danmark. Omvendt skal man holde sig for øje at forskningsinstitutioner modtager bevillinger fra flere sider, og at disse tal således ikke tegner det fulde billede.

Figur 23. Fordeling af de danske universiteters ESA-bevillinger, antal 2000-2014



Kilde: Rambøll og London Economics på baggrund af data fra Styrelsen for Forskning og Innovation vedr. danske aktiviteter i relation til ESA.

Når man vurderer styrkepositioner inden for forskning er det meget væsentligt at være opmærksom på, at man i Danmark har en relativt stærk sektorforskning på rumområdet, der i øvrigt ar-

bejder tæt sammen med virksomheder, myndigheder og andre forskningsinstitutioner. DMI er et godt eksempel på dette og udgør en væsentlig kritisk masse af professionelle fuldtidsforskere, der publicerer peer-reviewed artikler i konkurrence med deres kolleger fra eksempelvis DTU.

5.3.1 Bibliometrisk gennemgang af danske bidrag til rumrelaterede tidsskrifter

Følgende afsnit gennemgår antallet af danske artikler udgivet i 2014 i tidsskrifter med særlig relevans for rumområdet samt disse tidsskrifters relative popularitet.

Metode

Indledningsvis har forskere ved seks danske universiteter udpeget titlerne på de 10-15 mest relevante videnskabelige tidsskrifter for rumområdet. På baggrund af indberetningerne var det muligt at identificere 37 unikke tidsskrifter, som forskerne anså for særligt relevante. En fuldmægtig fra Forsknings- og Innovationsstyrelsen (FI) har herefter beriget bruttolisten med antallet af publikationer fra danske universiteter i de respektive tidsskrifter. Data for denne del af analysen stammer fra forskernes egne indberetninger til FI. Ydermere er hvert tidsskrift tildelt en Journal Impact Factor (JIF) ved at konsultere Thomson Reuters Journal Citation Reports fra i år, hvor 2014-opgørelsen er den nyeste. JIF 2014 er udregnet ved at dividere antallet af gange, udgivelser fra det respektive tidsskrift fra 2012 og 2013 er citeret i 2014 med antallet af udgivelser fra det respektive tidsskrift udgivet i 2012 og 2013. JIF 2014 udtrykker derfor antallet af citationer en gennemsnitlig artikel i tidsskriftet, udgivet i enten 2012 eller 2013, har opnået i løbet af 2014. JIF er derfor en ofte anvendt indikator for tidsskrifters popularitet og videnskabelige indvirkning.

Begrænsninger

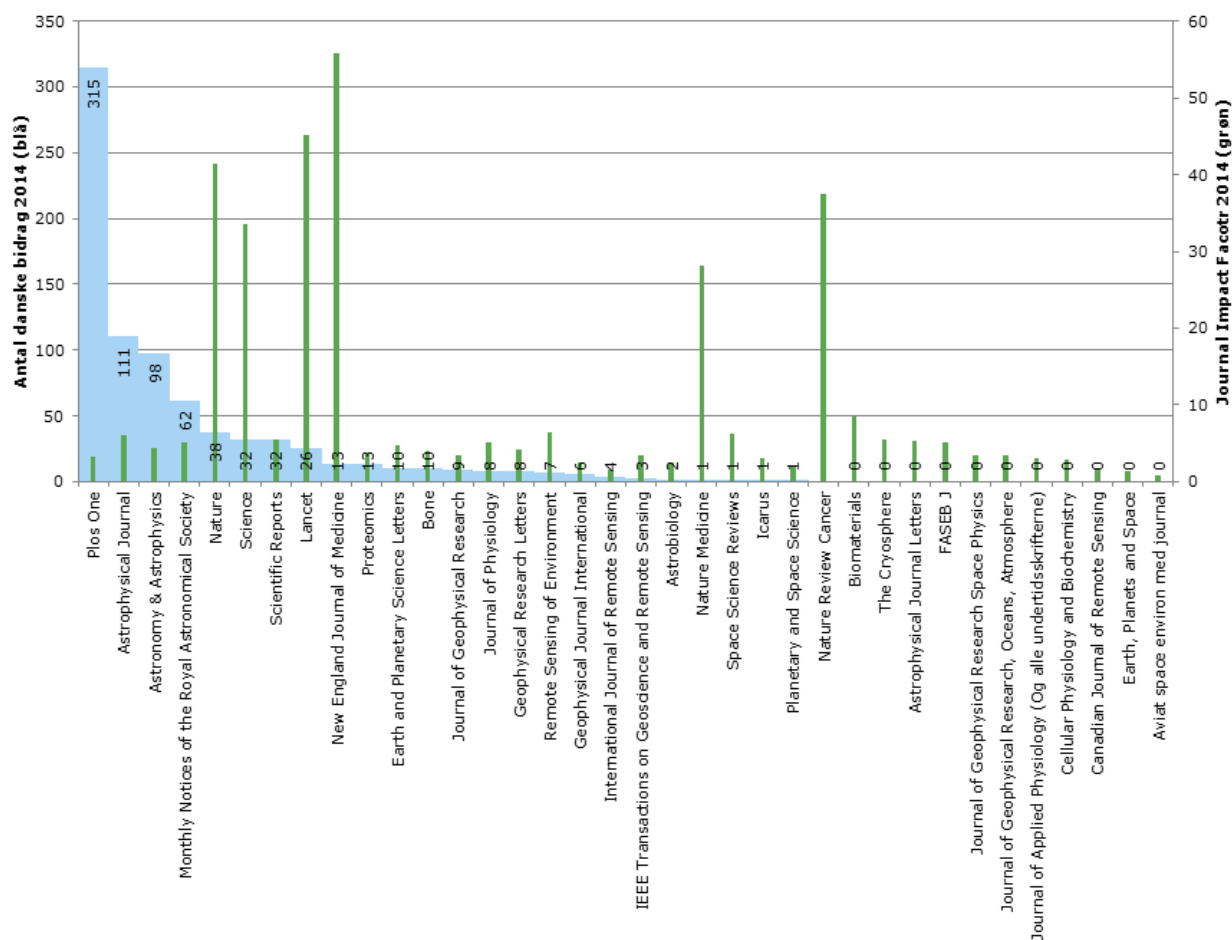
Ovenstående metode er tilstrækkelig til at give en bred indføring i dansk forsknings bidrag til rumrelaterede tidsskrifter, dog har metoden også begrænsninger. For det første er antallet af publikationer afhængig af, at forskerne har indrapporteret det korrekte antal publikationer. Såfremt forskerne eksempelvis har glemt at indrapportere en udgivelse, er denne ikke medtaget i nedenstående figur. Ydermere er antallet af publikationer alene det, der har udløst point i den bibliometriske forskningsindikator, hvorfor fejlbehæftede indrapporteringer ikke er medtaget i optællingen. For det tredje indeholder nærværende analyse samtlige danske udgivelser i de respektive tidsskrifter for 2014. Med ovenstående metode er det derfor ikke muligt at udtale sig om, hvor stor en andel af udgivelserne i et tidsskrift, der eksplicit relaterer sig til rumområdet. Denne begrænsning har særligt betydning for tidsskrifter med et bredt fagområde, eksempelvis Nature, og må anses for at have mindre betydning i tidsskrifter, der alene beskæftiger sig med rumområdet.

Resultater

Nedenstående figur viser, at Danmark var repræsenteret i 24 af de i alt 37 tidsskrifter i 2014. I alt udgav Danmark 811 artikler i tidsskrifterne i 2014. Omtrent halvdelen, 53 %, af udgivelserne er fordelt på Plos One (315 udgivelser) og Astrophysical Journal (111 udgivelser). JIF 2014 indikerer, at relativt til de øvrige tidsskrifter rangerer disse to tidsskrifter lavt, idet deres JIF udregnes til at være henholdsvis 3,3 og 6. Gennemsnittet for alle 37 tidsskrifter er en JIF på cirka 10. Med andre ord er det forventeligt, at såfremt udgivelserne følger det gennemsnitlige antal citationer af tidsskrifterne i de foregående to år, vil hovedparten af de danske udgivelser citeres i omegnen 3-6 gange i 2016.

New England Journal of Medicine havde med en JIF-værdi på 55,8 det højeste antal gennemsnitlige citationer for 2014. I dette tidsskrift udgav Danmark 13 artikler i løbet af 2014. Til sammenligning udgav Danmark 26 artikler i Lancet, der havde en JIF på 45,2 samt 38 artikler i Nature med en JIF på 41,4. Danmark udgav altså 9. flest artikler i det tidsskrift med relativt flest gennemsnitlige citationer pr. artikel for 2014, og samtidig publicerede vi flest artikler i det tidsskrift med 27. flest gennemsnitlige citationer per artikel. Ovenstående tendens skal naturligvis læses i lyset af, at det alt andet lige er sværere at udgive artikler i de mest citerede tidsskrifter.

Figur 24. Danske bidrag til rumrelaterede tidsskrifter

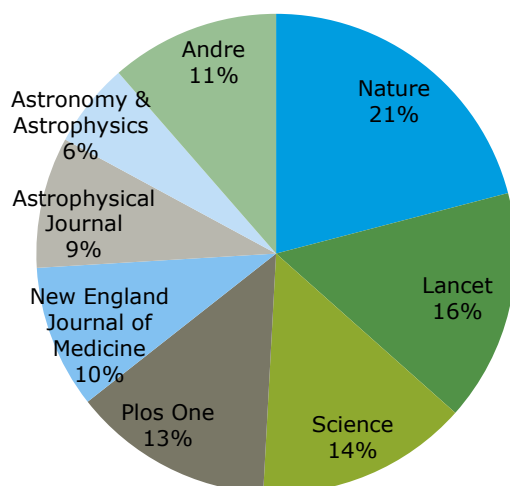


Kilde: Rambøll og London Economics

På trods af at JIF er et simpelt mål for tidsskrifternes betydning i den videnskabelige verden, er det interessant at omregne ovenstående figur, således at forholdet mellem antal udgivelser og JIF fremstår mere klart. Nedenstående figur udtrykker derfor den forventelige videnskabelige indvirkning af udgivelserne i 2014 (målt i antal citationer) fordelt på videnskabelige tidsskrifter. Figuren bygger på en antagelse om, at udgivelserne i 2014 vil opnå samme antal gennemsnitlige citationer, som udgivelserne fra samme tidsskrifter modtog i 2012 og 2013.

Figuren nedenfor viser, at såfremt ovenstående antagelser holder, vil den danske forskning i rumrelaterede tidsskrifter have størst indvirkning (målt i antal citationer) via vores publikationer i Nature, da disse forventeligt vil udgøre 21 % af de citationer, som de 811 artikler vil opnå. Publikationer i Lancet, Science og Plos One vil tilsammen udgøre lidt over fire tiendedele af citationerne. Endelig vil vores udgivelser i New England Journal of Medicine, Astrophysical Journal samt Astronomy & Astrophysics tilsammen stå for i omegnen af en fjerdedel af citationerne.

Figur 25. Forskningsmæssig indvirkning (målt på forventede antal citationer) fordelt på tidsskrifter for 2014 udgivelser



Kilde: Rambøll og London Economics

5.4 Myndighederne

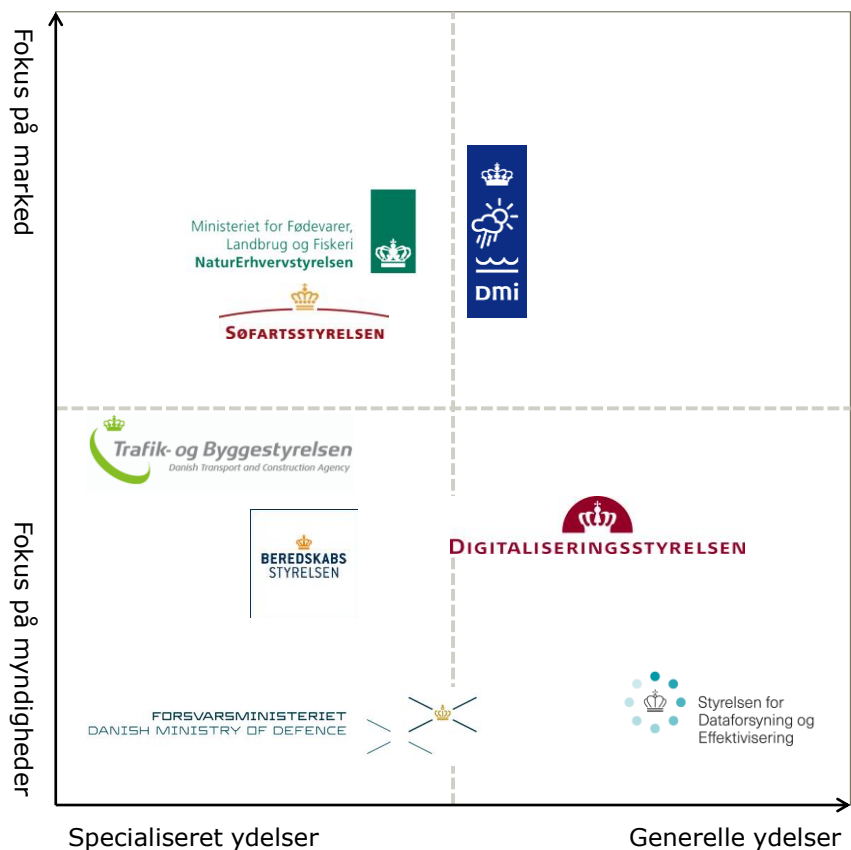
Det er ikke oplagt at sammenligne myndigheders indbyrdes konkurrencemæssige styrkepositioner, da myndighederne administrerer og koordinerer et givent ressortområde og dets rumrelaterede aktiviteter. I nærværende sammenhæng giver det derfor mere mening at sammenligne centrale myndigheder på rumområdet ift. to dimensioner, som i kortlægningen har vist sig at differentiere myndighedernes forretningsmæssige fokus på rumrelaterede aktiviteter.

Den første dimension, som differentierer myndigheder, er deres fokus at servicere andre myndigheder eller slutbrugere i markedet, dvs. borgere eller virksomheder. Eksempelvis er DMI relativt fokuseret på markedet idet, man på den ene side skal levere specialiserede vejrprognoser til andre myndigheder, mens man på den anden side også leverer prognoser direkte til borgerne og virksomheder.

Den anden dimension differentierer myndighederne alt efter, om deres ydelser er specifikt relevante for bestemte ressortområder, forskningsfelter eller erhvervsområder. Eksempelvis er Forsvarsministeriets ydelser primært rettet mod forsvars- og sikkerhedspolitiske aktører og problemstillinger, mens Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering arbejder mere generelt med at udvikle datadelingen inden for eksempelvis satellitbaserede data mellem myndigheder og ressortområder.

Baseret på kvalitative interview og gennemgang af dokumenter mv. i forbindelse med kortlægningen er en række deltagende myndigheder plottet ind i nedenstående figur på de to dimensioner. Ud fra et deskriptivt perspektiv er myndighedernes konkrete placering selvfølgelig interessant. Men det der – ift. styrkepositioner – er interessant, er, i hvilket omfang de enkelte myndigheder udfylder deres rolle tilstrækkeligt – og hvad der har betydning herfor. På baggrund af kortlægningen (herunder interview og research) kan der ikke drages håndfaste konklusioner om, at bestemte myndigheder i større eller mindre omfang udfylder deres bestemte rolle. Men man kan konkludere noget om, hvilke faktorer der har betydning for, om myndighederne er stærke eller svage i deres positioner. En central tendens på tværs af interview og inddragelse af myndigheder er fx, at man ønsker at blive endnu bedre til datadeling af fx satellitbaserede billeder, ligesom man på nogle områder kan have nytte af endnu højere kvalitet eller produktionshastighed.

Figur 26. Fokus i rumrelaterede aktiviteter for myndigheder, der indgår i kortlægningen



Kilde: Rambøll og London Economics

DTU Space – rammeaftaler med myndighederne

DTU Space leverer forskningsbaseret rådgivning og anden form for myndighedsbetjening til flere forskellige styrelser og ministerier. Et gennemgående træk er, at instituttet gør det muligt for de pågældende myndigheder at få gavn af satellitter og andre rumbaserede systemer.

DTU løfter eksempelvis en række forsknings- og rådgivningsopgaver på geodæsiområdet i regi af en rammeaftale mellem DTU og Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet. Under rammeaftalen samarbejder DTU Space med Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, som blev dannet den 1. januar 2016, efter at den tidligere Geodatastyrelse blev splittet i to. Styrelsen er ansvarlig for infrastrukturen til geografisk information samt referencenet, opmåling og kortlægning i Danmark, Færøerne og Grønland. Et centralt led i samarbejdet er DTU Spaces forskningsbaserede rådgivning i forbindelse med varetagelse og udvikling af referencenetene. Herudover varetager DTU Space en række opgaver inden for databehandling og dataindsamling, blandt andet centreret om instituttets forskning i geodæsi.

Herudover har DTU i de seneste år været involveret i en række projekter med Forsvaret, hvor særligt støtte fra DTU Space til Forsvarets analyse af fremtidig opgaveløsning i Arktis, herunder mulighederne for satellitbaseret overvågning, har givet anledning til at drøfte muligheden for at udvide samarbejdet til flere områder. Desuden kan nævnes DTU's samarbejde med DMI, hvor DTU leverer satellitdata, der angiver hvor store mængder havis der er udbrudt og hvor meget isen har flyttet sig. Når DTU har nedtaget og behandlet data, benyttes de af DMI's istjeneste, der udarbejder iskort for de grønlandske farvande, primært til brug for skibsfarten.

6. NUVÆRENDE OG FREMTIDIGE KOMMERCIELLE ANVENDELSESMULIGHEDER

Nærværende kortlægning har understreget, at der endnu findes store uudnyttede potentialer på rumområdet. Rumaktiviteter er ikke blot en fjern og eksklusiv klub for en lille skare virksomheder og en samling dedikerede forskere. Rumforskning rækker meget videre, og gennem et øget kendskab til udnyttelse af satellitbaserede tjenester står mange danske virksomheder med muligheden for både at øge deres indtjening og skabe nye arbejdspladser. Med afsæt i den forudgående kortlægning og vurderingen af de danske styrkepositioner på rumområdet, afsøges i dette kapitel både nuværende og fremtidige kommercielle anvendelsesmuligheder.

6.1 Navigation

Inden for navigation er særligt identificeret potentialer for de brancher, der beskæftiger sig med transport til lands, til vands og i luften. Her giver udnyttelse af nøjagtige satellitnavigation muligheder for forbedret flådestyring og ruteplanlægning, og der foregår i dag en del aktivitet i forbindelse med udarbejdelse af mere relevante prognoser – eksempelvis for den optimale vej over Atlanten.

Anvendelsesmulighederne for GNSS favner dog bredt. I tabellen nedenfor eksemplificeres en række mulige anvendelsesområder, som i større eller mindre grad udnyttes i dag.

Tabel 12. Eksempler på anvendelse af GNSS og beskrivelse af gevinster

Gruppe	Applikation	Beskrivelse
Borgere	Smartphones, bilnavigation, tablets, fitness trackere, bilforsikring	Borgere anvender GNSS i biler og smartphones til navigation i bilen, men også til fods og til at vælge offentlige transportmuligheder. Ud over kommerciel anvendelse kommer hertil samfundsøkonomiske gevinster ved tidsbesparelser for brugere, reducerede miljøeksternaliteter og reddede liv. ¹⁰⁰ Fitness trackere (både apps og dedikerede apparater) hjælper motionister med at træne mere effektivt og monitorere fremgang. Mange forsikringsselskaber kræver, at borgere installerer en GNSS-tracking-enhed i dyre biler. I andre lande (navnlig Italien og Storbritannien) reducerer forsikringsselskaber præmien for de kunder der kører sikkert, en viden der erhverves ved frivillig installation af GNSS-bokse.
Vejtransport	Flådestyring, navigation, smart tachograph, vejafgifter	Logistikvirksomheder sparer store beløb ved øget effektivitet. Flådestyring tillader hovedkvarteret at monitorere hvor alle lastbiler er, og dermed reagere hurtigere og mere effektivt på nye ordrer eller informere om trafikuheld mv. Smart tachograph er den næste generation af lastbilers fartskrivere og bliver GNSS-baseret, så det bliver meget sværere at overtræde kørehviletidsbestemmelserne, Europa-Kommissionen estimerer, at køretøjer der overtræder reglerne årligt, laver skader for 2,8 mia. euro i EU. ¹⁰¹ Smart tachograph er også en fordel for vognmænd, der kan rapportere kørebøger mere effektivt. Endelig er vejafgifter baseret på GNSS markant billigere end andre løsninger, fordi der skal bruges færre gates og vedligeholdelsen er billigere.

¹⁰⁰ Danmarks officielle 112-app bruger eksempelvis GNSS-modtageren i den telefon, der ringer efter hjælp, til at sikre, at de nærmeste redningstjenester sendes ud. Ydermere er der eksempler på, at andre brugere af app'en er blevet mobiliseret, hvis de har været tæt på. Se <http://www.112app.dk/> for mere information.

¹⁰¹ COMMISSION STAFF WORKING PAPER - SUMMARY OF THE IMPACT ASSESSMENT, Accompanying the document, "PROPOSAL FOR A REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL" amending Council Regulation (EEC) No 3821/85 on recording equipment in road transport and amending Regulation (EC) No 561/2006 of the European Parliament and the Council, 2011.

Gruppe	Applikation	Beskrivelse
Jernbane-transport	Signalinfrastruktur og lokomotivførervejledningssystemer	GNSS kan anvendes (sammen med andre teknologier) til at monitorere, hvor alle tog er. Derved er det muligt over tid at erstatte den dyre signalinfrastruktur ved banelegement med billigere GNSS-baserede systemer. Det kan spare Banedanmark for mange penge. Lokomotivførervejledningssystemer (eksempelvis fra danske Cubris) sparer DSB bremseslid og køreenergi (6 % til 8 %) og har forbedret DSB's punktlighed (fra 92 % til 95 %). ¹⁰² Vejledningssystemerne kan derudover øge kapaciteten på banelegement med mellem 5 % og 15 % ved at tillade, at togene kører tættere. ¹⁰³
Luft-transport	Landingsprocedurer	EGNOS giver mere troværdighed til det korrigerede GNSS-signal og tillader landing ved svære vejrtilstande. Dette sparer brændstof, miljøeksternaliteter og passagerernes tid. Nogle danske lufthavne har implementeret EGNOS-baserede anflyvningsprocedurer, og der er dansk deltagelse i de internationale grupper, der arbejder med den videreudvikling af GNSS til luftfart, som måske på sigt kan erstatte dyrere konventionelle teknologier.
Vand-transport	Transport og passagerskibe	GNSS bruges til at udstikke og følge den bedste kurs. Rederier kan spare mandskab og brændstof ved at bruge GNSS-baserede autopiloter. I havne bruges GNSS med lokal augmentationssystemer til at navigere skibe på plads på den rette kaj, og lodser bruger GNSS til at manøvrere skibe.
Redning	ELT, PLB, EPIRB m.fl. ¹⁰⁴	Redningsudstyr, der sender GNSS-position gennem COSPAS-SARSATs infrastruktur til de relevante redningstjenester, når de aktiveres, reducerer søgefeltet kraftigt. Galileo Search and Rescue-service er defineret med Return-Link-Service, med hvilket det bliver muligt for redningstjenesten at sende et simpelt signal retur til den nødstedte om at hjælpe er på vej.
Landbrug	Præcisionslandbrug	Landbruget er en vigtig bruger af GNSS. En spørgeskemaundersøgelse med 6.000 respondenter i marts 2013 viser, at 18 % af landbrug bruger GNSS (herunder EGNOS og kommercielle augmenteringssystemer som real-time kinematics (RTK) og Omni-Star, som er Trimble's system). ¹⁰⁵ GNSS anvendes til at reducere den tid der bruges på marken, overvåge udbytte samt reducere og målrette spredningen af pesticider og gødning. Samlet bidrager GNSS til store besparelser på input og reducerer landbrugets miljømæssige skadevirkninger. Høj nøjagtighed kræves til aktiviteterne og kan sikre, at traktorspor altid er samme sted på marken, hvilket sikrer, at traktorens skadevirkninger på jorden begrænses mest muligt.
Landmåling	Bygge og anlæg, olie og gas, måling og kortlægning	GNSS med høj præcision bruges i bygge- og anlægsbranchen til at sikre, at al aktivitet peger i samme retning. Ved anlæg af veje, for eksempel bruges GNSS med RTK til at sikre, at arbejdere fra begge sider mødes på det rigtige sted. GNSS anvendes også til monitorering af høje bygninger og broer, hvor præcise målinger kan give indikationer om modstandsdygtighed over for vejret og fortælle operatører om presserende vedligehold. Olie og Gas-sektoren anvender GNSS til at holde styr på geologiske undersøgelser af havbunden, mens landmålere sparer megen tid, fordi kravet om at alle apparater skal kunne se hinanden ikke længere gælder.

¹⁰² <http://www.cubris.dk/> (tilgået 19. april 2016)

¹⁰³ <http://www.transrail.se/cato.php?lang=en> (tilgået 6. maj 2016)

¹⁰⁴ Emergency Locator Transmitters (til fly), Personal Locator Beacons (til personer på skibe eller i ødemarken) og Emergency Position Indicating Radio Beacon (til skibe)

¹⁰⁵ Videnscenter for Landbrug (2013) *Uptake of GNSS technology amongst Danish farmers*, tilgængelig her:

<http://www.slideshare.net/jenspeterhansen/uptake-of-gnss-technology-amongst-danish-farmers-23397745> (tilgået 19. april 2016)

Gruppe	Applikation	Beskrivelse
Timing	Finansielle transaktioner, energinetværk, telekommunikation mv.	Fordi alle GNSS-satellitter er udstyret med præcise ure, er det muligt at beregne den lokale tid med atomurpræcision. Handelscentre til finansielle transaktioner, hvor det præcise tidspunkt kan have stor betydning for den pris der skal betales, anvender i vid udstrækning GNSS-baseret tid til at sikre den rigtige tid. I mange lande anvendes GNSS også til at sikre, at tiden i kontantautomater er korrekt. Energinetværk bruger Phasor Measurement Units til at overvåge netværket og kan finde kilden til pludselige spændingsudsving eller lignende ved at undersøge, hvornår udsvinget er observeret på hver station. Telekommunikationsnetværk anvender GNSS til at sikre, at netværket er synkroniseret bedst muligt og dermed har den højeste kapacitet. Storebæltsforbindelsen anvender endvidere GNSS-baseret synkronisering, som er installeret af danske Black Box A/S ¹⁰⁶

Kilde: Rambøll og London Economics.

Ud over ovenstående eksempler bidrager de to nedenstående cases med illustrative beregninger på mulige besparelser og øget indtjening ved brug af GNSS.

6.1.1 Case: Forsyningsledninger – klarhed om egen og ledningers placering

I Danmark er forsyningsledninger til vand, el og gas som oftest gravet ned. Før der påbegyndes nyt gravearbejde, eksempelvis i forbindelse med vejarbejde, er det vigtigt at undersøge, om der ligger nedgravede forsyningsledninger i det pågældende område. Rambøll har tidligere foretaget større analyser af det danske forsyningsnetværk. I denne forbindelse blev der kortlagt i omegnen af 26.000 graveskader årligt på ledningsnetværket.

En af årsagerne til de mange graveskader er, at der er uklarhed om egen placering og ledningernes nøjagtige beliggenhed. En norsk undersøgelse har vist, at knap 30 pct. af graveskaderne i Norge skyldes fejlagtige ledningsoplysninger¹⁰⁷. I Danmark opbevarer Ledningsejerregistret (LER) oplysninger om de nedgravede forsyningsledningers ejere.

Formålet med LER er at undgå graveskader ved at sikre, at graveaktører kan komme i kontakt med ledningsejere og derved få information om ledningernes beliggenhed. Derudover kan brugen af GPS også medføre, at gravemaskiner kan bruges til en meget større del af gravearbejdet. I dag er man nødsaget til at udføre en del af gravearbejdet uden maskiner på grund af uklarhed om placeringen.

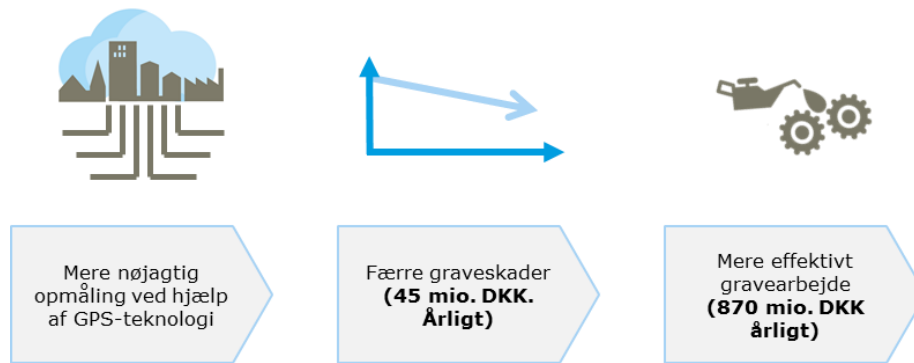
Brugen af GPS-teknologi kan optimere gravearbejdet på to måder. For det første kan GPS-data lede til en reduktion i antallet af graveskader. På baggrund af tidligere analyser af graveskader på ledningsnettet vurderer Rambøll, at cirka 20 % af omkostningerne forbundet med graveskader kan spares ved at have en bedre klarhed af egen og ledningernes placering. Brugen af GPS til lokalisering af ledninger og egen placering giver på den måde en besparelse på 45 mio. DKK årligt.

For det andet kan brugen af GPS-teknologi tillade gravkøer at grave mere præcist og tættere på forsyningsledninger. På baggrund af tidligere analyser har Rambøll kortlagt, at der cirka foretages 110.000 graveopgaver om året i Danmark. Disse graveopgaver varer i gennemsnit 100 timer og er vurderet til at have en timepris på 1.600 DKK. Et konservativt estimat baseret på Rambølls tidligere analyser ledningsnettet er, at en mere præcis brug af gravemaskiner kan nedbringe gravetiden med 5 %. Dette svarer til en potentiel besparelse på 870 mio. DKK årligt.

¹⁰⁶ Black Box A/S (udateret) *Ikke et sekunds afvigelse på Storebælt*, tilgængelig her:

https://www.blackbox.dk/_AppData/cms/file/AS%20storeb%C3%A6lt.pdf (tilgået 19. april 2016)

¹⁰⁷ Kilde: Rapport fra arbejdsgruppe graveskader, 2. nov. 2015, Norge.



Det er i denne sammenhæng væsentligt at bemærke, at grundlaget endnu ikke er fuldt tilstedet for at der kan etableres et digitaliseret og præcist ledningsnet. Realiseringen af de ovenfor beskrevne potentialer kræver dette grundlag.

6.1.2 Case: Asset-tracking - reduktion af tyveri

Små GPS-sendere og chips gør det muligt at spore værdigenstande ved hjælp af GPS. Dette kaldes også for asset-tracking. Asset-tracking kan potentielt reducerer antallet af stjålne genstande som ikke genfindes. Derudover kan asset-tracking også have en præventiv effekt på antallet af tyverier. For eksempel vil asset-tracking gøre det muligt at forhindre igangværende cykeltyverier eller efter-sætte cykeltyvene ved at koble cyklens tracking-enhed med en app på ejerens smartphone, som giver ejeren besked, hvis cyklen bevæger sig, uden at ejeren er i nærheden. Dermed er ejeren i stand til umiddelbart at tilkalde politiet.

I 2014 blev der anmeldt 48.651 cykeltyverier til forsikringsselskaberne (kilde: Forsikring og Pension). I samme periode udbetalte forsikringsselskaberne i gennemsnit 3.918 DKK pr. cykel. Undersøgelser fra Holland har vist, at brugen af asset-tracking har reduceret antallet af stjålne cykler med cirka 40 pct. Denne reduktion i antallet af cykeltyverier svarer til et årligt samfundsøkonomisk potentiale på **76 mio. DKK**. Lignende mærkning kan anvendes til værdigenstande i hjem eller sommerhuse.

Nogle værdigenstande er lettere at omsætte for kriminelle, eksempelvis elektronik og designermøbler. I 2014 blev der udbetalt cirka 926 mio. DKK i forsikring for indbrud i hjem og sommerhuse. En international undersøgelse viser, at mærkning af værdigenstande har en reducerende effekt på tyveri på 1,9 pct.¹⁰⁸ Dermed kan mærkningen af private værdigenstande potentiel lede til en årlig samfundsgevinst svarende til **~18 mio. DKK**.

¹⁰⁸ Prevention of marking: Property Marking: a deterrent to domestic burglary.



I 2008 skønnede Dansk Byggeri, på baggrund af en mindre spørgeskemaundersøgelse, at der hvert år bliver stjålet for omkring 600-650 mio. DKK på de danske byggepladser¹⁰⁹. Udgifter til at erstatte de stjålne materialer udgør ifølge organisationens skøn omkring 60 pct. af tabet, mens de resterende 40 pct. skyldes ekstra omkostninger i form af forsinkelser, ekstra arbejde etc., der følger, når nymonterede køkkenelementer, brændstof eller værktøj forsvinder fra byggepladserne. Særligt gravemaskiner og andet større materiel kan med fordel trackes ved hjælp af GPS. Hvis vi antager at samme reducerende effekt som fundet ved mærkningen af værdigenstande, kan asset-tracking lede til en samfundsmæssig gevinst på **12 mio. DKK årligt** i reduktionen af tyveri fra byggepladser.

6.2 Jordobservation

Den kommercielle anvendelse af jordobservation har endnu ikke nået det samme niveau som de andre satellitteknologier. Brugen af satellitbilleder er således primært samlet i aktiviteter, der primært sigter mod den offentlige sektor, men der er væsentlige undtagelser. Tabel 13 viser en oversigt over applikationer af JO-data i både privat og offentligt regi. Hovedparten af applikationerne er ikke-kommercielle.

Tabel 13. Eksempler på anvendelse af jordobservation (JO) og beskrivelse af gevinster

Gruppe	Applikation	Beskrivelse
Landbrug (kommerciel)	Monitorering af afgrøders helbred og udbytte	Landmænd anvender JO til at indsamle viden om afgrødernes helbred og dermed beregne forventet udbytte. Sammen med præcisionslandbrugsteknologi baseret på GNSS kan den erhvervede viden bruges til at bruge den rette mængde gødning, så planterne opnår samme størrelse. Se afsnit 6.2.1 for mere information.
Beredskab og humanitær indsats	Hurtig indsamling af information	JO-data bruges til at skabe overblik over naturkatastrofer og giver uundværlige data, der giver beredskabet mulighed for at målrette indsatsen i krisesituationer både nationalt og som del af udviklingshjælpen. <i>Ikke kommerciel anvendelse.</i>
Klimaforandringer	Skovdække, isdække, havstigning	Data anvendes af forskere, som kan få bedre indsigt i isdækket ved polerne, CryoSat og CO ₂ -absorption i skove. Muligheden for at følge disse og andre parametre over tid øger præcisionen af beregninger. <i>Ikke kommerciel anvendelse.</i>
Udvikling og samarbejde	Fødevareresikkerhed og landdækkende måling	Bedre mulighed for at overvåge fødevareresikkerhed i ulande og dermed varsle og forebygge hungersnød. Overvågning af træfældning og ørkenspredning i næsten realtid giver mulighed for at modvirke ændringer. <i>Ikke kommerciel anvendelse.</i>
Energiforsyning	Placering af energikilder samt -forbrug	JO kan forbedre beslutningen om, hvor vind-, bølge-, sol- og andre energikilder placeres bedst baseret på oplysninger om vejr, hav og luftstrømme. Derudover kan varmetab beregnes vha. JO-data, så det er muligt at optimere bygninger. JO bruges til identificering af naturligt olieudslip, der informerer beslutninger om prøveboringer.

¹⁰⁹ <http://www.business.dk/ejendom/tyveri-og-haervaerk-paa-byggepladser>

Gruppe	Applikation	Beskrivelse
Miljø	Overholdelse af landbrugslove, kystsikring	Ud over de anvendelser der er diskuteret i klimaforandringer, anvendes JO til monitorering af kysterosion og til at overvåge, om landbrug og fiskere overholder gældende regler (fx gennem tracking af fiskere). <i>Ikke kommerciel anvendelse.</i>
Sundhed	Overvågning af luft- og anden forurening	JO-data kan bruges til at beregne luftforurening og tillade, at der gøres noget ved det. Kan algevækst observeres fra rummet, og badestrande lukkes som følge deraf. <i>Ikke kommerciel anvendelse.</i>
Forsikring	Vurdering af skader og præmie-beregning	Skader ved oversvømmelser kan vurderes vha. JO-data, og en bygnings risiko-profil i forhold til oversvømmelse kan beregnes.
Marineøkonomien	Havmiljø-overvågning	Kendskab til havmiljøet giver mulighed for at udvikle lovgivning, der kan modvirke udfald. <i>Ikke kommerciel anvendelse.</i>
Turisme	Kysterosion, sne-dække og badevand	Som nævnt andetsteds; overvågning af algevækst kan forebygge sygdom, også blandt turister, og sne-dække og kysterosion er vigtige parametre for mange turistdestinationer i ind- og udland. <i>Ikke kommerciel anvendelse.</i>
Lufttransport	Luftstrømme, vulkanudbrud	Måling af luftstrømme er af væsentlig betydning for fastlæggelse af flys ruter, som sparer brændstof. Derudover var det JO-data, der blev brugt til overvågning af askeskyen fra den islandske vulkan Eyjafjallajökull i 2010.
Havtransport	Havstrømme	Tilsvarende lufttransport har havstrømme stor betydning for skibes brændstof-forbrug, så god information herom er vigtig for rederier.
Landtransport	Kortlægning af offentlig transport	European Environment Agency har kortlagt offentlige transportmuligheder i en række europæiske byer og fundet, at i København har den største andel af befolkningen "meget stor" adgang til offentlig transport. ¹¹⁰ <i>Ikke kommerciel anvendelse.</i>
Sikkerhed	Suverænitetshævdelse	JO-data er en billig måde at overvåge et lands grænser og sikre, at landets suverænitet ikke kompromitteres af skibe, køretøjer eller grupper af individer. <i>Ikke kommerciel anvendelse.</i>
Byplanlægning	Detaljeret kortlægning af land-dække	Overvågning af jordoverfladens komposition giver mulighed for beregning af vandaflob i tilfælde af nedbør og hjælper byplanlæggere med at beslutte, om der er tilstrækkeligt med grønne områder mv. <i>Ikke kommerciel anvendelse.</i>
Landmålere og kartografer	Kortlægning	Landmålere og kartografer kan bruge JO-data til at producere kort, og private virksomheder anvender satellitdata, for eksempel til Google eller Bing maps.

Kilde: Europa-Kommissionen (2015) *Copernicus Brochure*, <http://www.copernicus.eu/main/brochure> samt London Economics' supplement.

De seneste års udvikling i kvaliteten af satellitbilleder er bemærkelsesværdig. Opløsningen i satellitbillederne er i dag så høj, at data, der tidligere er indsamlet via fly, skibe eller fra landjorden, i dag i vid udtrækning kan afløses af satellitdata. Disse satellitter bruger helt ned til halvanden time på at komme en tur rundt om jorden, hvilket giver danske virksomheder helt nye muligheder.

En branche, der allerede i dag udnytter rumteknologiens potentialer, men til stadighed udforsker nye kommercielle anvendelsesmuligheder, er landbruget. SEGES og NaturErhvervstyrelsen købte i 2015 i fællesskab programmet CropSAT, der er et program på nettet, som de svenske landmænd har haft adgang til de seneste to år. Ideen med købet af programmet, som siden 19. januar har været stillet gratis til rådighed på nettet, er bedre udnyttelse af de informationer, der er i satellitbilleder – og derved skabe merværdi for dansk landbrug. Forventningen er, at satellitdata kan blive udgangspunkt for positionsbestemt tilførsel af kvælstof, overvågning af tilvækst på markerne mv.

¹¹⁰ Hans Dufourmont, EEA, Copernicus Land Monitoring Services & Hugo Poelman, REGIO-GIS DG Regional and Urban Policy (2014) *Measuring access to public transport in European cities*. Præsentation ved European Space Solution 2014.

Nedenstående case illustrerer med indikative beregninger de potentielle besparelser, der kan opnås i branchen.

6.2.1 Case: Landbrug – billigere og renere produktion

For at maksimere udbyttet af deres produktion bruger danske landmænd adskillige ressourcer på gødning og sprøjtegifte. Brugen af både gødning og sprøjtegifte kan potentielt optimeres ved brug af nøjagtige GPS-informationer og satellitbilleder. Denne reduktion vil både være til gavn for landmænd og andre (miljøet). Helt konkret vil satellitteknologi potentielt forbedre landbruget på to områder.

I afgrødeproduktionen anvender landmændene store landbrugsmaskiner, for eksempel mejetærskere og traktorer. I dag kan kørslen med landbrugsmaskinerne ikke undgå at lede til skader på afgrøderne og dermed tabt produktion. Dette problem kan undgås ved at styre landbrugsmaskiner ved hjælp af GPS-teknologi. Denne type systemer kaldes også Controlled Traffic Farming (CTF) og er så småt begyndt at vinde indpas i landbrugssektoren.

Derudover kan landbrugets forbrug af gødning også reduceres ved hjælp af satellitteknologi. I dag spreder landmanden gødning ud på markerne uden at have et klart billede af planternes konkrete behov. Ved at anvende satellitbilleder af markederne kan landmanden målrette gødningsmængden, så den passer planternes behov. Dette betyder, at bestemte dele af den samme mark kan have vidt forskellige gødningsbehov. Ved at målrette gødningen kan landmanden omfordele gødningen med henblik på at optimere udbyttet. Denne teknologi kaldes også for Variable Rate Technology (VRT).

Landbrugsorganisationen SEGES skønner på baggrund af beregninger af potentielle gevinster ved at graduere doseringen af planteværnsmidler, at den samlede gevinst ved brug af teknologien vil udgøre 380 DKK pr. hektar. I Danmark er der 38.829 landbrug med en gennemsnitlig størrelse på 62,9 hektar (kilde: Danmarks Statistik). Med afsæt i disse grundoplysninger, svarer det til en årlig samfundsøkonomisk besparelse på omkring 930 mio. DKK for de danske landbrug.

Ud over de direkte besparelser for de danske landbrug vil reduktionen i brugen af gødning og sprøjtegifte også medfører miljøforbedringer. En reduktion af gødnings- og sprøjtemængde kunne for eksempel medføre renere drikkevand.



Mere nøjagtig kørsel
med maskiner og
brug af gødning



Færre ødelagte
afgrøder og mindre
brug af gødning



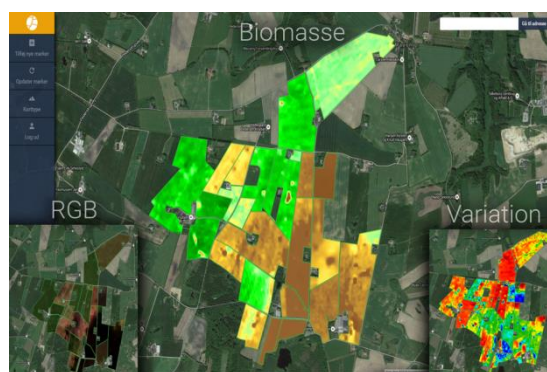
Potentiel besparelse
på omkring **930
mio. DKK** samt
miljøforbedringer

FieldSense - Nem overvågning af afgrøder ved brug af jordobservation¹¹¹

FieldSense er en applikation til web, smartphone og tablet, der ved hjælp af jordobservation gør det muligt for landmænd og planteavlskonsulenter at overvåge afgrøders biomasse. Applikationen muliggør, at problemer kan behandles tidligt i vækstsæsonen. Det betyder, at brugerne vil:

- Spare penge ved at reducere deres brug af gødning og pesticider.
- Spare tid ved at overvåge deres afgrøder mere effektivt
- Øge deres fortjeneste ved at formindske tab grundet uopdagede sygdomme i afgrøderne

Applikationen bruger den nyeste teknologi inden for jordobservation (højopløsningsbilleder fra Sentinel-2A og -2B satellitter samt Landsat 8) kombineret med algoritmer til at måle planters fotosyntetiske aktivitet. På baggrund af jordobservationerne genereres biomassekort, der med høj præcision indikerer markens helbredstilstand. Dette illustreres herefter grafisk ved hjælp af farver – se eksemplet nedenfor. De mørke og brune farver indikerer en tilstand, hvor afgrødens vækst er lav; de lyse og grønne farver indikerer høj vækst.



Kilde: www.fieldsensapp.com

FieldSense leverer på nuværende tidspunkt billeder, hvor hver pixel repræsenterer et areal på 30x30 og op til 10x10 meter. I 2018 forventes applikationen at levere billeder på daglig basis med langt højere opløsning (højere end 10x10 meter), således at præcisionslandbrug bliver nemt, tilgængeligt og pålideligt. Den historiske visning af billeder i applikationen gør det dertil muligt at se biomassekort fra 2013 og frem.

I 2016 er virksomheden bag FieldSense, Ceptu, udvalgt til Innovationsfondens Iværksætterpilotordning. Virksomheden har i 2016 også modtaget en bevilling fra Innovationsfondens InnoBoosterinvesteringsprogram. I 2014 vandt FieldSense app-konkurrencen Space App Camp samt Copernicus CloudEO Master Farming Challenge, som Det Europæiske Rumagentur (ESA) står bag.

Kommercieltiseringspotentialet i danske såvel som i udenlandske landbrugsindustrier er stort, idet virksomheden i den nærmeste fremtid vil have større fokus på at automatisere detekteringen af plantesygdomme. Dette gør det muligt at diagnosticere afgrøde-relaterede problemer på stor skala, før synlige symptomer optræder. Tidlig detektering af plantesygdomme resulterer i tidlig behandling, hvilket nedsætter omfanget af omsåning og derved udbyttetab. Det skønnes, at omkostningerne i 2015 i Danmark i forbindelse med omsåning af vinterhvede og vinterbyg pga. plantesygdommen havrerødsot var op mod 150 mio. DKK. Bemærk, at dette skøn ikke tager højde for udbytte tab og omkostninger i forbindelse med andre plantesygdomme. FieldSense tilbyder hertil en økonomisk forsvarlig og let-skalérbar løsning, der for fremtidens landbrug vil kunne effektivisere på mange områder.

¹¹¹ Der er anvendt følgende kilder til dette afsnit:

www.fieldsensapp.com

www.innovationsfonden.dk/en/node/733

www.e-pages.dk/aarhusuniversitet/1133/fullpdf/1.pdf

https://projekter.vfl.dk/Projekter/erhvervsudviklingsordningen/2015/effektive_behovsbestemte_plantevaernsstrategier_2723/Filer/pl_15_2304_tabel_1.pdf

http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Help_bring_satellite_data_down_to_Earth

6.3 Satellitkommunikation

De kommercielle anvendelsesmuligheder af satellitkommunikation er mange og højt udviklede. Generelt kan anvendelsen sammenfattes som behov for at kommunikere mellem steder, hvor de ikke har brugbare alternative forbindelser. Tabel 14 viser eksempler på, hvordan kommercielle virksomheder anvender satellitkommunikation.

Tabel 14. Eksempler på anvendelse af satellitkommunikation og beskrivelse af gevinster

Gruppe	Applikation	Beskrivelse
Tv-stationer	Transmission af direkte tv	Direkte tv fra lokaliteter uden for studiet transmitteres gennem Outside Broadcast (OB)-vogne, som skaber forbindelse mellem optageudstyr og transmissionsnettet. Nyhedsudsendelser viser fra tid til anden interviews via internettet (Skype), og forskellen i kvalitet er tydelig.
Havtransport	Rederier og lystsejlere	De ovenfor beskrevne gevinster ved GNSS og JO kan kun realiseres på fragtskibe, der har adgang til information om havstrømme og uvejr og derfor kan ændre kurs. Det er derfor nødvendigt for fragtskibe at have forbindelse til hovedkontoret, og vigtigt at sikre, at de rigtige oplysninger er tilgængelige. Lystsejlere, der bevæger sig uden for mobildækning (eksempelvis på Atlanterhavet), anvender også satellitkommunikation.
Lufttransport	Flyselskaber	Kommunikation mellem flyvekontrolltjenester og fly uden for rækkevidde til radiokommunikation finder sted via satellit, og de selskaber, der tilbyder internet til passagerer, bruger også satellitter til denne tjeneste.
Energi	Olie & gas samt vind	Kommunikation ved prøveboringer i Nordsøen kræver satellitkommunikation for at sikre, at eksperter i hovedkvarteret kan analysere prøveboringerne i realtid og for at eksperterne kan vejlede om retning. Offshore-vindparker bygges og service-res af medarbejdere, som kun kan kommunikere med hovedkvarteret gennem satellitkommunikation.
Vedligehold	Aktiver uden for mobildækning	Tilsvarende vindparker er medarbejdere, der vedligeholder andre aktiver uden for mobile dækningsområder, nødt til at bruge satellitkommunikation.
Beredskabet	Alternativ kommunikation ved ulykker	Når mange mennesker er samlet på ét sted, har mobilmaster ofte svært ved at klare belastningen i nødsituationer. I disse tilfælde kan et alternativt 3G/4G-netværk oprettes og sikre, at kommunikationslinjerne mellem beredskabets enheder holdes åbne, og den bedst mulige løsning af krisesituationen eksekveres.
Forskere og korrespondenter	Fx i Arktis eller krigszoner	Forskere på mission uden for mobildækning (eksempelvis i Arktis) bruger satellitkommunikation til at holde sig i kontakt med hovedkvarteret. Krigskorrespondenter og andre journalister uden for mobildækning bruger også satellitter.
Telekommunikationsvirksomheder	Forbindelse mellem lokale netværk	I Grønland, for eksempel, anvendes satellitkommunikation til at etablere netværk mellem de forskellige lokale netværk omkring byggerne.

Kilde: London Economics.

6.4 Integreerede applikationer

Denne rapport har beskrevet anvendelsen af rummet data og produkter ud fra tre forskellige teknologier: Jordobservation, navigation og kommunikation, men som Tabel 12, Tabel 13 og Tabel 14 indikerer (navnlig for havtransport og landbrug), er der yderligere gevinster at hente, hvis man kombinerer de forskellige teknologier. ESA's Integrated Applications Programme¹¹² er et andet eksempel på, hvordan man søger at forbedre udbyttet af rumapplikationer ved at kombinere teknologier. Afsnit 7.8 illustrerer et bredt casestudie om anvendelse af mange forskellige satellittjenester til brug ved byudvikling.

¹¹² http://www.esa.int/Our_Activities/Telecommunications_Integrated_Applications/Integrated_Applications_Promotion_IAP

7. MYNDIGHEDERNES BEHOV FOR DATA OG PRODUKTER FRA RUMOMRÅDET

Den 8. maj 2015 fik uddannelses- og forskningsministeren ved kongelig resolution overdraget det ressortmæssige ansvar for 1) sager vedrørende regulering af danske aktiviteter i det ydre rum, 2) deltagelse i internationalt samarbejde om aktiviteter i det ydre rum og 3) koordinering og samarbejde mellem danske myndigheder med rumrelaterede ansvarsområder. Tidligere har der ikke været en ansvarlig myndighed til at håndtere danske aktiviteter i det ydre rum.

Uddannelses- og Forskningsministeriet fik i den forbindelse til opgave af regeringen at nedsætte en tværministeriel arbejdsgruppe, som dels skulle komme med forslag til konkret organisering af det formelle myndighedssamarbejde, herunder strategisk samarbejde mellem danske myndigheder, der udnytter rum- og satellitdata, dels at udarbejde et grundlag for et forslag til lov om regulering af danske aktiviteter i rummet til gennemførelse af Danmarks internationale forpligtelser.

I november 2015 præsenterede arbejdsgruppen sin rapport ("Kortlægning af rumområdet i Danmark – Rapport fra den tværministerielle arbejdsgruppe om rummet") og dermed også sine anbefalinger.

I forhold til det organisatoriske set-up for myndighedssamarbejdet anbefalede arbejdsgruppen en række strukturelle tiltag, uden ændringer på den ressortmæssige forankring. Disse tiltag omfatter bl.a. følgende:

- at der i Uddannelses- og Forskningsministeriet udbygges kompetencer, der aktivt og opsøgende kan understøtte, koordinere og igangsætte området potentielle vækst hos virksomheder og myndigheder.
- at der oprettes et permanent tværgående udvalg for myndighedsvaretagelsen på rumområdet ("Udvalget for rumrelateret myndighedsvaretagelse") med henblik på at understøtte, at de relevante myndigheder opdaterer hinanden om den seneste udvikling, aktiviteter og trends, at understøtte koordination på tværs mv.
- at der etableres en række undergrupper til det permanente udvalg med henblik på at understøtte den daglige og praktiske koordinering på faglige underområder.

Myndighedsvaretagelsen, og dermed ansvaret for dansk udbytte af rumområdet er i dag således fordelt mellem en række ministerier, der hver især bidrager med kompetencer inden for deres respektive fagområder, og som i større eller mindre grad anvender rumbaserede systemer.

Som et led i det samlede analyse- og evidensgrundlag er der således gennemført en afdækning af de danske myndigheders nuværende og fremtidige behov for anvendelse af rumbaserede data og produkter. Afdækningen er dels baseret på eksisterende viden om den aktuelle myndighedsvareta-

Kontoret for rum

Som et led i indsatsen for at styrke varetagelsen af rumområdet er der blevet etableret et nyt kontor for rum i Styrelsen for Forskning og Innovation. Kontoret varetager myndighedsopgaven vedrørende rummet, dvs. opgaver i forbindelse med regulering af danske aktiviteter i det ydre rum, herunder spørgsmål vedrørende godkendelse, kontrol og registrering af opsendelse af rumgenstande, ansvaret for deltagelse i internationalt samarbejde om aktiviteter i det ydre rum samt for koordinering og samarbejde mellem danske myndigheder med rumrelaterede ansvarsområder.

Nationalt skal kontoret aktivt og opsøgende understøtte, koordinere og igangsætte rumområdets potentielle vækst hos virksomheder og myndigheder på et strategisk grundlag. Det strategiske og analytiske grundlag skal løbende vedligeholdes og udbygges i koordination med relevante ministerier.

Internationalt omfatter ansvarsområdet samarbejde i blandt andet EU og FN-organisationer. På europæisk plan omfatter ansvarsområdet opfølgning på Lissabontraktaten, herunder Horizon 2020, industripolitik på rumområdet, store europæiske rumprogrammer som Copernicus samt samarbejdet i European Space Agency og Danmarks medlemskab heraf.

gelse og myndighedernes rumrelaterede aktiviteter, dels på interview med repræsentanter for ressourceministerierne, tilknyttede styrelser og statslige aktører.

Der er som led i afdækningen således gennemført interview med repræsentanter for:

- Danmarks Meteorologiske Institut (under Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet)
- Digitaliseringsstyrelsen (under Finansministeriet)
- Forsvarsministeriet
- Kriminalforsorgen
- NaturErhvervstyrelsen (under Miljø- og Fødevarerministeriet)
- Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering
- Søfartsstyrelsen (under Erhvervs- og Vækstministeriet)
- Trafik- og Byggestyrelsen (under Transport- og Bygningsministeriet)
- NAVIAIR (under Transport- og Bygningsministeriet).

Som nævnt under afdækningen af rumområdet i dag sker anvendelse af rumteknologi og -data i dag som en integreret del af flere kerneopgaver i en række ministerier og styrelser. Interviewene med statslige myndigheder og aktører peger på, at myndighedernes nuværende og fremtidige behov for data og produkter fra rumområdet i særlig grad vedrører følgende områder:

- Jordobservation
- Satellitnavigation
- Sikkerhed og beredskab
- Telekommunikation
- Arktiske initiativer.

I det følgende gennemgår vi myndighedernes nuværende og fremtidige behov for rumdata og -produkter.

7.1 NaturErhvervstyrelsen

NaturErhvervstyrelsen har hidtil ikke været blandt de myndigheder, der bruger satellitinformation som basis for opgavevaretagelsen, men dette har ændret sig betydeligt inden for de senere år. Hidtil har styrelsen årligt brugt mange ressourcer på at inspicere arealanvendelse og indberetninger fra landbruget i forbindelse med udbetaling af arealstøtte, ligesom styrelsen i høj grad har brugt fysisk inspektion og flyfotografering til at understøtte denne kontrolfunktion.

Brugen af satellitdata har potentiale for at effektivisere kontrolfunktionen, og NaturErhvervstyrelsen er derfor begyndt at benytte satellitdata i arbejdet med administration og kontrol af arealstøtte til landmænd samt i forbindelse med overvågning af fredet natur. Satellitdata giver styrelsen mulighed for at verificere landmændenes oplysninger om afgrøder mv.

Oplysningerne giver således også styrelsen mulighed for at effektivisere de interne arbejdsgange og giver mulighed for at fokusere kontrollen af landbrugsstøtten, således at kontrolarbejdet fokuseres, og således at kontrolindsatsen ikke unødigt forstyrrer landmændene.

Fakta om NaturErhvervstyrelsen

- Styrelsen beskæftiger i alt ca. 1.200 årsværk, heraf beskæftiger 2 årsværk sig med rummet
- Driftsbudgettet udgør ca. 1,0 mia. DKK, hvoraf ca. 1,0 mio. DKK er relateret til rummet
- Styrelsen bruger satellitdata i sagsbehandlingen når der udbetales støtte til landmænd – også kontrolsammenhæng
- Styrelsen ser også muligheder i brugen af satellit- og radardata på fiskeriområdet, herunder ift. monitoring af skibe og i forhold til sikkerhed og beredskab.

Kilde: NaturErhvervsstyrelsen

NaturErhvervstyrelsen ser også muligheder i brugen af satellit- og radardata på fiskeriområdet, herunder ift. monitorering af skibe, men også i forhold til sikkerhed og beredskab, hvor bedre oplysninger om skibenes lokalitet kan forbedre mulighederne for samarbejdet med beredskabet.

NaturErhvervstyrelsen og landbrugsorganisationen SEGES har i fællesskab købt løsningen CropSAT, som de stiller gratis til rådighed for landbruget, og som ud fra satellitbilleder kan beregne et vegetationsindeks, der viser biomassen på marken. Herudfra er det muligt at producere et kvælstoftildelingskort, således at landbruget kan foretage en bedre fordeling af kvælstofmængden. De kommercielle anvendelsesmuligheder i landbruget på baggrund af dette tiltag er illustreret med en række illustrative beregninger i landbrugscasen i afsnit 6.2.1.

7.2 Søfartsstyrelsen

Søfartsstyrelsen benytter satellitdata til ruteplanlægning, maritim fysisk planlægning, havnestatskontrol og landbaseret AIS. Søfartsstyrelsen har til opgave at overvåge alle danske skibe uanset geografisk placering og leverer bl.a. oplysninger til Forsvaret.

Tilgængelig satellitkommunikation er af stigende vigtighed for skibskommunikationen, og endelig er sejladsikkerhed afhængig af et velfungerende satellitnavigationssystem.

Søfartsstyrelsen får data hertil gennem egne landbaserede stationer, men håber i fremtiden på at få data leveret, ligesom styrelsen aktuelt arbejder på at frigive data vedr. skibe fra deres registre.

Styrelsen er lead partner på forskningsprojektet E-navigation og har sammen med en række samarbejdspartnere fået bevilliget 20 mio. euro over en treårig periode af Horizon 2020. Bevillingen udløber i 2018. Ideen er en "Marathon Cloud", hvor alle data bliver lagt op i en sky, og hvor myndighederne selv kan tilgå og hente data.

Styrelsen råder over ca. 0,5 årsværk på rumområdet (decideret rumrelateret arbejde). Dertil kommer ca. 10 årsværk, som er brugere af navigationsdata, svarende til i alt ca. 10,5 årsværk og ca. 4 % af det samlede antal medarbejdere i styrelsen.

Styrelsen ser potentiale inden for overvågning og beslutningsstøtte: Jo bedre overvågning og jo bedre data, desto bedre muligheder for effektiviseringer og desto bedre muligheder for at styrke sikkerheden og for at forbedre overvågningen.

7.3 Danmarks Meteorologiske Institut

Data fra satellitter indgår direkte i DMI's vejrmodeller og gør resultaterne – og dermed vejrudsigter og prognoser – mere præcise, end det er tilfældet ved anvendelse af traditionelle vejrstationer placeret på land (evt. suppleret af målinger fra skibe og fly).

DMI indarbejder rådata i vejrmodellerne fra både de europæiske MetOp-satellitter og de amerikanske NOAA-satellitter, ligesom DMI indarbejder "tilberedte satellitprodukter" – dvs. data, der har været udsat for en efterbehandling eller en oversættelse. Et eksempel herpå er produktet "skytype", der tolkes ved at kombinere flere forskellige målinger fra satellitten. Efterbehandlingen foretages enten af DMI eller EUMETSAT.

Fakta om Søfartsstyrelsen

- Styrelsen beskæftiger i alt ca. 290 årsværk, heraf beskæftiger 0,5 årsværk sig med decideret rumrelaterede arbejder, ligesom 10 årsværk anvender navigationsdata
- Driftsbudgettet udgør ca. 348 mio. DKK til ruteplanlægning, maritim fysisk planlægning, havnestatskontrol mv.
- Styrelsen ser muligheder i brugen af satellitdata i forhold til effektiviseringer, sikkerhed og overvågning.

Kilde: Søfartsstyrelsen

Satellitter giver meteorologerne overblik over vejrudviklingen. Og de ser på langt mere end de traditionelle billeder af skyer kendt fra vejrudsigten på tv. Også de specialiserede meteorologer, som bistår den internationale skibsfart, anvender data fra satellitter. Her er det f.eks. informationer om vind, der er interessante.

DMI har et tæt samarbejde med den meteorologiske satellitorganisation EUMETSAT og lægger hus til flere af EUMETSATs decentrale, operative afdelinger; de såkaldte Satellite Application Facilities (SAF'er). Data produceret af SAF'erne sendes ud til meteorologiske centre overalt i verden og er frit tilgængelige for forskning og for offentligheden.

En af SAF'erne hos DMI udvikler teknikker til at anvende signaler fra GPS-satellitterne som meteorologisk instrument. Det sker ved at omregne påvirkninger af GPS-signalerne til profiler for temperatur og fugtighed i atmosfæren. Der er mange fordele ved denne type målinger; bl.a. at der måles talrige (flere tusinde) profiler dagligt og overalt på jorden. Derfor er de af stor betydning som input til vejrmodeller.

Denne type data med baggrund i GPS-signaler udmærker sig dels ved ikke at skulle kalibreres og dels ved kun at indeholde små systematiske fejl, som ikke ændrer sig over tid. Derfor er sådanne data også ideelle til overvågning af klima og klimaændringer.

I en anden SAF producerer DMI blandt andet data for is-koncentration, hav- og havis-temperatur for både Arktis og Antarktis. Data bliver behandlet, arkiveret og delt – og anvendes løbende i hele verden i vejrmodeller og oceanmodeller. De samme produkter er i spil, når hav- og isforholdene i de danske farvande og i Arktis skal overvåges. De forskellige produkter indeholder vurderinger af deres præcision, og metoderne til at raffinere data bliver løbende forbedret.

DMI's meteorologiske betjening af Grønland og den løbende, operationelle kortlægning af havis i grønlandske farvande til betjening af skibsfarten baserer sig i vid udstrækning på satellitdata. På samme tid er jordobservationsdata grundlaget for informationerne og viden om is- og klimaudvikling i Arktis, som formidles via Polar Portal (et samarbejde mellem DMI, GEUS og DTU-Space). Arktis er et af Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets satsningsområder, og jordobservation vil få en stigende betydning for ministeriets aktiviteter i Arktis.

En af DMI's mest kritiske opgaver er vejledning ved sejlads i isfyldt farvand – blandt andet ved Grønland. Her er satellitter med et radarinstrument ombord uundværlige. En radar ser nemlig lige godt på en skyfri dag som på en nat med tæt skydække. Dermed kan de døgnet rundt og året rundt afsløre placeringen af havis og isbjerge, så specialiserede meteorologer kan guide skibsfarten udenom.

I tilknytning til den operationelle virksomhed udfører DMI forskning inden for satellitområdet og deltager i en lang række internationale forskningssamarbejder. DMI er således blandt de største forskningsmiljøer inden for remote sensing i Danmark.

Fakta om Danmarks Meteorologiske Institut

- Data fra satellitter indgår direkte i DMI's vejrmodeller
- DMI anvender mange typer af satellitdata i forbindelse med produktionen af instituttets kerneopgaver med udsigter og varsler inden for vejr, hav og is
- DMI er således blandt de største forskningsmiljøer inden for remote sensing i Danmark.

Kilde: DMI

7.4 Forsvarsministeriet

Forsvaret benytter mange former for rumrelaterede ydelser og data, herunder fra jordobservation og i forhold til navigation og kommunikation. Behovet for data afhænger af behovet for præcision. Behovet for at kunne operere stiller krav om at kunne se, navigere og kommunikere.

Forsvaret har et særligt fokus på det grønlandske område og det arktiske område. Der gennemføres blandt andet forsøg med satellitovervågning af det grønlandske område, eksempelvis med en række radarer og elektrooptiske sensorer, ligesom der også planlægges gennemført forsøg, som undersøger muligheden for forbedret kommunikation i de nordligste arktiske egne, for eksempel ved brug af satellitter, hvilket kan være værdifuldt i forbindelse med Search And Rescue-opgaver (SAR) og ved miljøkatastrofer.

Forsvaret har en interesse i satellitkommunikation, dels som sikker kommunikationskilde på globalt niveau og dels som stabil kommunikation i øde egne som Arktis. Forsvaret deltager efter anmodning fra FI i EU's initiativ om sikker satellitkommunikation for myndigheder.

7.5 Transport- og Bygningsministeriet/Trafik- og Byggestyrelsen

Transport- og Bygningsministeriet har ressortansvaret for Galileo i Danmark samt for regulering af lufttrafikken i Rigsfællesskabets luftrum op til 66.000 fod – svarende til cirka 22 kilometers højde. Ministeriet anvender i dag herudover meget få ressourcer på rumrelaterede aktiviteter. En af årsagerne hertil er, at luftfartsområdet er et globalt område, hvor enkeltstående nationale aktiviteter er begrænsede.

Ministeriet deltager naturligvis i EU-sammenhæng. Ministeriet har dermed ikke den store direkte aktivitet, men holder sig orienteret. Ministeriet ser et betydeligt potentiale over de næste år, hvor konventionelle metoder måske kan suppleres med navigation.

Danmarks flyvekontrolltjeneste, NAVIAIR, under Transport- og Bygningsministeriet, indgår i et Joint-Venture (6%) sammen med flyvekontrolltjenester i Canada, Italien og Irland samt det amerikanske satellitkommunikationsfirma, Aireon. Aireon udvikler satellitbaseret flyovervågning, som skal monteres på Iridiums kommunikationssatellitter. NAVIAIRs rolle er at påvirke udviklingen af systemet, således at flyvekontrolltjenester og luftfartselskaber får maksimalt udbytte (se 4.4.1). NAVIAIR har bidraget med 160 mio. DKK til Aireon og har en medarbejder fuldtidsbeskæftiget med engagementet i Aireon. Derudover beskæftiger øvrige rumaktiviteter ca. 2 årsværk.

Fakta om Forsvarsministeriet

- Forsvarsministeriet har samlet set ca. 20.000 ansatte. Ministeriet har et budget på ca. 21 mia. DKK, hvoraf ca. halvdelen anvendes på lønninger.
- Ministeriet estimerer, at i alt 30-35 årsværk er knyttet til rumområdet.
- Forsvaret har et særligt fokus på det grønlandske område og det arktiske område
- Forsvarsministeriet er i gang med en række konkrete initiativer for at afdække, i hvilket omfang moderne teknologi som for eksempel satellitter og droner kan bidrage til at styrke opgaveløsningen.

Kilde: Forsvarsministeriet

7.6 Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering

Som led i regeringens plan "Bedre balance – statslige arbejdspladser tættere på borgere og virksomheder" blev den tidligere Geodatastyrelse pr. 1. januar 2016 til to selvstændige styrelser, en ny Geodatastyrelse (som placeres i Aalborg) og en ny Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (som placeres i København).

Mens Geodatastyrelsen nu fungerer som myndighed for ejendomsregistrering i Danmark og søkortlægning i Danmark, Grønland og Færøerne, skal Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering arbejde for en bredere anvendelse af data til modernisering og effektivisering af den offentlige administration, ligesom styrelsen skal arbejde for at skabe bedre rammer for vækst i den private sektor via lettilgængelige offentlige data. Styrelsen har en central rolle i tværoffentlige samarbejder om data og digital infrastruktur og har bl.a. en betydende rolle i grunddataprogrammet, herunder som ansvarlig for den fællesoffentlige Datafordeler.

Fakta om Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering

- Styrelsen beskæftiger i alt ca. 200 årsværk, heraf beskæftiger ca. 14 årsværk sig med rummet
- Driftsbudgettet udgør ca. 130 mio. DKK, hvoraf ca. 6,5 mio. DKK er relateret til rummet
- Styrelsen arbejder for en bredere anvendelse af data til modernisering og effektivisering af den offentlige administration
- Styrelsen er bl.a. ansvarlig for infrastrukturen for geografisk information og for landkortlægning i Danmark, Færøerne og Grønland.

Kilde: Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering

Styrelsen er ansvarlig for infrastrukturen for geografisk information og har ansvaret for referencenetene, der er grundlag for opmåling og kortlægning i Danmark, Færøerne og Grønland. Som en del af styrelsens myndighedsansvar har styrelsen også et væsentligt ansvar for nøjagtig positionering i Danmark, Grønland og på Færøerne ved til stadighed at udvikle den geodætiske infrastruktur. Herunder ligger fx at sørge for optimal udnyttelse af signaler fra Galileo-satellitterne i sammenhæng med den fysiske jordbaserede geodætiske infrastruktur. Desuden er styrelsen ansvarlig for landkortlægning i Danmark, Færøerne og Grønland samt adresser, stednavne, Danmarks højdemodel og flere andre datasæt.

Styrelsen understøtter desuden bl.a. Forsvaret med geodata både nationalt og internationalt, og styrelsen repræsenterer Danmark i internationale geodata-samarbejder og i det arktiske samarbejde under Arktisk Råd.

Styrelsen råder over ca. 14,1 årsværk på rumområdet, svarende til ca. 7 % af det samlede antal medarbejdere i styrelsen. Driftsudgifterne udgør ca. 6,5 mio. DKK, svarende til ca. 5 % af styrelsens samlede driftsudgifter. Årsværk og ressourcer omfatter udviklingsopgaver, større enkeltstående opgaver samt løbende deltagelse i fx internationale udviklingsfora. "Almindelige opgaver", som løses ved anvendelse af rumdata, er ikke medregnet.

7.7 Space for Smarter Government Programme

I 2014 startede den britiske regering sit Space for Smarter Government Programme (SSGP) for at hjælpe offentlige instanser med at overveje rumdata og -produkter til at løse problemer og levere tjenester mere effektivt. Formålet er formålet med programmet:¹¹³

- At inspirere og muliggøre den offentlige sektors brug af rummet og derved opnå smartere, mere effektive og billigere aktiviteter ved brug af de allerede ydede investeringer i ruminfrastruktur
- At opmuntre den offentlige sektor til at skabe vækst i den private sektor gennem eksport af de udviklede rumprodukter og -tjenester.

¹¹³ UK Space Agency (2015) *Annual Report and Accounts 2014/15*

SSGP ledes af det britiske rumagentur (UK Space Agency), men den daglige ledelse varetages af Satellite Applications Catapult, en organisation hvis formål er at skabe forbindelse mellem erhvervslivet, universiteter, forskningsinstitutioner og det offentlige samt indgå i processen til realisering af Storbritanniens rumstrategi og -mål. I SSGP indgår både rumagenturet og catapulten som mægler og hjælper enten offentlige myndigheder med at finde virksomheder, der kan løse specifikke problemer, eller virksomheder med at undersøge, om der er efterspørgsel efter en udviklet ide. Offentlige myndigheder inden for tre kategorier: miljø, kommuner¹¹⁴ og risikostyring af naturkatastrofer.¹¹⁵

Programmets to første runder, i 2014 og 2015, havde et samlet budget på 1,3 mio. britiske pund. I alt 14 projekter blev udvalgt i den første runde og 13 projekter fulgte i anden runde. Projekterne brugte primært JO-data til løsning af opgaven, men løsninger ved hjælp af GNSS og satellitkommunikation er også repræsenteret. Projekterne følger en fireskridtsplan:

1. Skabe opmærksomhed om potentialet i brug af rummet
2. Etablering af teknologi og metode til levering af rumløsning
3. Konsolidering af behov på tværs af offentlige myndigheder (eksempelvis at afdække behovet for en teknologi udviklet til en kommune i andre kommuner)
4. Operationel tjeneste.

Et femte og væsentligt skridt, som ikke indgår i vurderingen af de enkelte projekter, men som kan komme til at definere programmets succes som helhed, er virksomhedernes evne til at øge eksporten ved at sælge teknologien til andre lande.

Da mange lande møder de samme geografiske og teknologiske udfordringer, giver Space for Smarter Government de deltagende virksomheder mulighed for og midler til at teste ideer og gennemføre forundersøgelser, og programmet fungerer derved som en eksperimentel "petriskål", der kan vise værdien af mulige løsninger. Det er for eksempel ikke svært at forestille sig, at et projekt om mobil mammografiscanning med satellitforbindelse til en ekspert på et hospital langt væk¹¹⁶ kunne sælges til andre lande med samme geografiske udfordring.

SSGP arbejder tæt sammen med DEFRA,¹¹⁷ og mange af programmets projekter er derfor fokuseret på udfordringer inden for dette ministeriums ressortområder, eksempelvis landbrug og oversvømmelsessikring. Det er blevet påpeget, at bredden af de projekter der udvælges, influeres af de offentlige interessenters forskellighed. I forbindelse med SSGP har DEFRA oprettet et jordobservationscenter, Centre of Excellence, som har til formål at samle den offentlige sektors tekniske kunnen inden for rumrelaterede data og produkter og hjælpe ministerier og styrelser med at definere krav og udbud, således at private operatører kan respondere og løse opgaven bedst muligt.

SSGP er et nyt program, og det har endnu ikke været igennem grundig evaluering, men en deltagende virksomhed¹¹⁸ nævner, at programmet har fungeret godt, fordi det har skabt et stærkere bånd mellem den private og den offentlige sektor. Programmets fokus på at skabe samfundsøkonomiske gevinster ved at gøre den offentlige sektor smartere gennem brug af rummet samt ufravigelige krav om en kommerciel vinkel har også sikret, at de løsninger der er blevet udviklet, kan finde umiddelbar anvendelse i den virkelige verden.

¹¹⁴ Egentlig *Local Authorities*, som kan fortolkes som en blanding af kommuner og amter i Danmark, men uden personskatteopkrævningsret, men med boligskatteopkrævningsret.

¹¹⁵ SBRI (2015) *Space for Smarter Government*, webinar 7. juli 2015, tilgængelig her:

<http://www.spaceforsmartergovernment.uk/workspace/assets/files/sbri-space-for-smarter-governm-559e7942ebbc7.pdf> (tilgået: 21. april 2016)

¹¹⁶ Her refereres konkret til DEOS Consultancy's projekt for det britiske sundhedsvæsen, *Always connected mobile medical screening*. Se mere på <http://www.spaceforsmartergovernment.uk/case-study/deos-consultancy-always-connected-mobile-medical-screening/>

¹¹⁷ Department for Environment Food & Rural Affairs, sammenligneligt med det danske Miljø- og Fødevareministerium.

¹¹⁸ Astrosat, <https://astrosat.biz/>

7.8 Case: Byudvikling

Danske kommuner og byer står over for en lang række udfordringer. I de kommende år vil den kommunale sektor skulle omstille de kommunale services til en ny virkelighed. Det er en virkelighed, som er præget af stadige effektiviseringer og skrumpende skattemæssig grundlag, en høj grad af usikkerhed og kompleksitet samt en stadig hastigere samfundsmæssig udvikling. Det er en virkelighed, hvor nye løsninger skal findes inden for de eksisterende økonomiske rammer, og hvor der skal skabes vækst og produktivitetsudvikling i et usikkert globalt marked. Det kræver, at nye løsninger afprøves og at eksisterende ressourcer anvendes bedre end hidtil.

Mere end halvdelen af jordens befolkning bor i byer, og hver dag vokser antallet af mennesker, der bor i byer med 180.000. 6 ud af 10 mennesker forventes at være bosiddende i byområder inden 2030. Urbaniseringen er ikke kun en global udfordring. Aarhus Kommune forudser fx en befolkningstilvækst på 11 % på under 10 år. Og flere af Københavns omegnskommuner arbejder på at koble holistiske udviklingsstrategier på infrastrukturprojekter.

Urbaniseringen er flersidet. Hvor nogle danske kommuner og byer oplever stigende befolkning, oplever andre det modsatte og er truet af affolkning. De fleste danske kommuner oplever samtidig en omstilling, hvor der flyttes rundt på befolkningen inden for kommunens egne grænser – fra land til by og fra oplandsbyer til hovedbyer.

Figur 27. Fra silotænkning til helhedsorienteret byudvikling



Kilde: Rambøll.

Det stiller kommunerne, men også hele Danmark over for nye udfordringer i forhold til at sikre en positiv udvikling i landområder og i de eksisterende mindre byer. Bl.a. udfordringer i forhold til at sikre mobilitetsløsninger i sparsomt befolkede områder. Samtidig øges trængselsproblemerne i de større byer.

Mens du læser dette, udvikler nye urbane netværk sig. At styre urban vækst så den bidrager positivt til økonomisk fremgang, at forene denne med klimavenlige og bæredygtige udviklingsformer og mindst mulig social udelukkelse, udgør tilsammen en stor udfordring verden rundt. Mange kommuner arbejder derfor med at finde den rette balance mellem infrastruktur, økonomisk vækst, miljø og udvikling af samfundet, når de planlægger fremtiden.

Moderne byudvikling er derfor en multifacetteret disciplin, som er gået væk fra silobaseret tænkning og styring til tværgående og helhedsorienterede løsninger. Her fokuseres på byernes *fysiske strukturer* (byernes "hardware") som infrastruktur, boliger, arealer og erhvervsområder, på byernes *sociale strukturer* (den ene del af byernes "software"), herunder hvordan vi lever sammen, samt på byernes *kulturelle strukturer* (den anden del af byernes "software"), herunder bl.a. borge-

rens engagement og deltagelse i byens liv. Nedenfor gives en række eksempler på, hvordan data fra satellitter i dag anvendes i byudviklingen. Gennemgangen omfatter følgende elementer i byudviklingen:

- Infrastruktur og mobilitet
- Vejafgifter
- Klimasikring
- Byggeri
- Energi.

7.8.1 Infrastruktur og mobilitet

Infrastruktur som helhed – herunder veje, jernbaner, cykelstier eller fiberoptiske kabler – eksisterer for at øge mobiliteten i samfundet og for at forbinde mennesker og varer, viden og innovation, byer og regioner.

Beslutninger om udvidelse og placering af infrastruktur kræver den bedst mulige information om eksisterende transport- og andre mønstre. GPS-løsninger er i flere eksempler blevet benyttet til at indsamle data om mobilitetsmønstre i danske byer, herunder eksempelvis i Aalborg. I Kolding prioriterer kommunen intelligent trafikstyring højt og gennemfører derfor GPS-baserede realtidsmålinger af rejsetiden på udvalgte strækninger på vejnettet. Hermed er det muligt at prioritere indsatsen til de kryds og strækninger, hvor der er størst forsinkelse i myldretiden, og dermed kan der spares mest tid pr. investeret krone. Derudover er det muligt at bruge JO-data til at overvåge trafiktheden på veje, eksempelvis i myldretiden, og belægningsgraden på eksisterende parkeringspladser.¹¹⁹ I takt med at JO's dækning bliver mere komplet, og genbesøgstiden på enkelte lokaliteter reduceres, kan man forestille sig at disse data sammen med data fra brugeres bilnavigationsenheder kan bruges til smart ruteplanlægning, der kan sikre, at bilisterne bliver ledt ad den bedste rute til en fri parkeringsplads.

Satellitdata rummer også muligheder for at forbedre mobiliteten og dermed livskvaliteten for udsatte grupper af borgere. I England sigter projektet "Cities Unlocked" således mod at forbedre bevægelsesmulighederne for udsatte borgere gennem brugen af udstyr, der giver blinde og svagtseende et lydlandskab i 3D, som forbedrer deres samlede information om omgivelserne. Satellitdata anvendes i denne sammenhæng til at forbedre information om lokaliseringen og tilføjer desuden et vertikalt aspekt til lydlandskabet.¹²⁰

7.8.2 Vejafgifter

I Danmark opkræves der en række afgifter fra bilisterne for at køre på vejene. Blandt disse er registreringsafgiften, ejerafgiften, benzinafgiften og parkeringsafgiften. Afgifterne afspejler ikke selve kørslen på vejene, men er i stedet et udtryk for en indirekte beskatning. Som eksempel er registreringsafgiften en afgift, der betales for at have et køretøj registreret, ikke for at benytte det. Derudover kan der benyttes andre afgifter, som er en direkte vejbenyttelsesafgift. Disse er bl.a. betalingsstationer og road pricing.

Forslag om betalingsring omkring København og andre former for road pricing dukker jævnligt op i den politiske debat. I det Europæiske GNSS Agenturs GNSS Market Report Issue 2 fra maj 2012¹²¹ er Danmark nævnt som et land, der overvejer at implementere et GNSS-baseret vejafgiftssystem. De eksisterende vejafgifter på de danske broer bruger ikke GNSS, men hvis politikerne overvejer at introducere vejafgifter, er GNSS en mulighed der bør overvejes. Europas mest udviklede vejafgiftssystem findes i Slovakiet, hvor betaling for brug af 17.762 km vejnetværk¹²² opkræves baseret

¹¹⁹ <http://www.pixalytics.com/tag/earth-observation/>.

¹²⁰ London Economics, 2015: The Case for Space 2015 – Case Studies.

¹²¹ <http://www.gsa.europa.eu/market/market-report>.

¹²² Dvs. landets motorveje, primære og sekundære veje eller 41 % af det samlede netværk (Eurostat).

på en GNSS-modtager i landets biler.¹²³ Slovakiets to ambitioner om vejafgift på mindre veje samt at bilister kun skal betale for reel brug har gjort, at GNSS er den eneste brugbare løsning. Vignetter med fast pris ville således ikke være rimelige, og øvrige teknologier såsom kameramonterede broer over vejen ville blive alt for dyre at sætte op mellem alle kryds på de små veje.

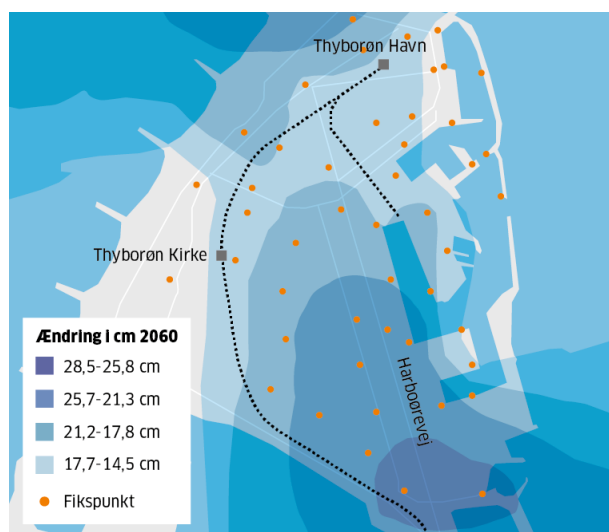
7.8.3 Klimasikring

Storme, skybrud, ekstrem regn og havvandsstigninger præger allerede det danske klima. Stormskader og oversvømmede kældre forårsaget af klimaændringerne er allerede nu blevet et stort problem. Det er anslået af Videnscenter for Byudvikling, at det allerede i dag koster mere end 10 mia. DKK årligt at udbedre skader efter oversvømmelser, fugt og skimmelsvamp. Eftersom mennesker og værdier koncentrerer sig i byerne, rammes byernes hårdest af klimaændringerne. Derfor udgør klimasikring et centralt element i den moderne byudvikling.¹²⁴

Rumteknologi og -data bruges i stigende grad til at forebygge oversvømmelser og håndtere oversvømmelserne, når de sker. På baggrund af data indhentet med rumteknologi gennem det europæiske Copernicus-program er det eksempelvis muligt at kortlægge oversvømmelsestruede områder, opmåle havbunden eller udarbejde Danmarks Højdemodel, der viser landskabets højdeforhold i høj opløsning. Rumdata indhentes typisk via satellitter, fly eller droner. Sidstnævnte er så lette at anvende, at Miljøministeriets styrelser selv sender dronerne til vejrs hen over Danmark til indsamling af de data og den information, som bruges i et bredt udsnit af styrelsernes opgaver. Det kan være, hvis der skal skabes et overblik over for eksempel en vandløbs- eller en kyststrækning, eller hvis der er brug for overblik over landområder. Når akutte oversvømmelser rammer, har beredskabet fået droner, som sender billeder til redningsfolkene. På den måde kan de bedre planlægge, hvor de skal lægge sandsække eller indsætte mobile dæmninger.¹²⁵

I Danmark anvendes JO forsøgsmæssigt i Thyborøn, hvor målet er at nå frem til en komplet fremskrivning af de næste mange års landhævninger og -sænkninger, hvilket udgør et væsentligt element i planlægningen af den lokale klimatilpasning. Fremskrivningen sker i samarbejdet med blandt andre Kystdirektoratet og Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering. Undersøgelserne baseres bl.a. på en 3D-modellering af undergrunden og dens relationer til de registrerede sætninger. For at 3D-modellen kan klarlægge årsagen til, at landet synker eller hæver sig, bliver den sammenholdt med viden fra op til 100 år gamle målepunkter i Thyborøn og JO-data fra satellitten Sentinel-1, som hver 12. dag optager et radarbillede af Danmarks landoverflade. Lægger man billederne sammen over en periode, giver de et overblik over sætninger i Danmark.¹²⁶

Figur 28. Her synker Thyborøn



Kilde: Ingeniøren, 2016: Kortlægning af jordbevægelser skal målrette klimatilpasningen.

¹²³ Det Europæiske GNSS Agentur (2015) *GNSS Market Report Issue 4*.

¹²⁴ <https://www.realdaniadebat.dk/privatboligforum/Pages/Debatm%C3%B8de-i-Privat-Boligforum-03-09-2015.aspx>

¹²⁵ <http://www.klimatilpasning.dk/aktuelt/nyheder/2015/april-2015/rumteknologi-mod-oversvoemmelser.aspx>

¹²⁶ Ingeniøren, 2016: Kortlægning af jordbevægelser skal målrette klimatilpasningen.

7.8.4 Byggeri

Urbaniseringen skaber pres på den eksisterende infrastruktur i byerne, og i mange tilfælde er det nødvendigt at udvide vejnetværk og boligområder. Rummet er relevant for to typer byggeri, nemlig anlæg af nye bygninger og infrastruktur samt overvågning af eksisterende anlæg. For anlæg af nye bygninger er GNSS en væsentlig kilde til effektivisering, idet systemer med høj præcision tillader, at alle faser i projektet kan målrettes den endelige plan. I fremtiden kan man forestille sig, at entreprenørerne vil abonnere på Galileos kommercielle tjeneste, men indtil da er differential GNSS (DGNSS) og Real Time Kinematic (RTK) brugbare substitutter. RTK giver ned til 1-2 cm nøjagtighed ved at supplere GNSS-signalet med lokale korrektionsfaktorer.¹²⁷ Der er flere kommercielle muligheder for RTK i Danmark, hvor både Leica Geosystems¹²⁸ og GeoTeam¹²⁹ begge driver et referencenet. Som beskrevet i afsnit 6.1.1 er nøjagtige oplysninger om gravemaskinens lokalitet kilde til væsentlige effektivitetsgevinster ved anlæg.

Ved anlæg af infrastruktur, eksempelvis veje, skaber GNSS betydelige effektivitetsgevinster. Topcon har således beregnet, at den daglige omkostning til lønninger ved gravearbejde til vejanlæg er omtrent 3.000 \$, og at Topcons mest avancerede løsning kan spare op til **79 %** af den anvendte tid sammenlignet med traditionelle metoder. Dvs. at medarbejderlønninger ved 1 km gravearbejde er 7.342 \$ med GNSS-løsningen mod 13.123 \$ ved traditionelle metoder. Hertil kommer asfalt og andre råmaterialer, som kan spares, fordi anlægsprocessen er mere målrettet. Her beregner Topcon, at man kan spare materialer til en værdi af 5.160 \$ pr. km vej.¹³⁰ Samlet har Topcon beregnet, at det mest avancerede system vil være **tilbagebetalt efter anlæg af 4,02 km vej**.¹³¹

I udgangspunktet tilfalder effektiviseringsgevinsterne ved brug af GNSS i byggeriet den entreprenør, som vinder entreprisen, men konkurrence i markedet bør medføre, at (nogle af) gevinsterne tilfalder ordregiveren, som i mange tilfælde vil være kommunerne eller staten.

I forbindelse med anlægsprojekter er det vigtigt at overvåge eksisterende bygninger og sikre, at eventuel jordsedimentering og vibrationer, som følge af projektet, er under kontrol og ikke skader de eksisterende bygninger. Konstruktionen af Londons nye undergrundslinje, Crossrail, indarbejder således avancerede højpræcisions-GNSS-enheder til at sikre, at de bevaringsværdige bygninger over linjen ikke sætter sig.¹³² Man kan også anvende JO-satellitter med Synergetic Aperture Radar (SAR)-sensorer til at overvåge sedimentering (og hævn) af jorden og dermed vurdere effekten af gravearbejde.¹³³ Skyskrabere og broer monitoreres også ved hjælp af GNSS, hvor nøjagtige målinger over tid kan give tidlige indikationer om anlæggets sundhed og hjælpe med at sikre, at skader kan udbedres, før de bliver så alvorlige, at anlæggene må lukkes.

Brugen af rummet behøver ikke være begrænset til bygninger, men kan også bruges til kortlægning af de planter der findes i byen. Japansk pileurt, for eksempel, er en invasiv art, hvis rodnet kan skade fundamenter, bygninger, veje mv. Viden om udbredelsen af japansk pileurt er vigtig for (potentielle) ejere (inklusive kommuner og staten) og forsikringsselskaber, som kan pålægge husejere at bekæmpe planten som betingelse for husforsikring. Det slovenske Centre of Excellence of Space Science and Technology (SPACE → SI) har vist, at JO-data er tilstrækkeligt til at kortlægge udbredelsen af japansk pileurt, hvilket tillader målrettet bekæmpelse.¹³⁴

¹²⁷ <http://gpsworld.com/centimeter-level-rtk-accuracy-more-and-more-available-for-less-and-less/>

¹²⁸ http://www.leica-geosystems.dk/dk/Leica-SmartNet-Danmark_74970.htm

¹²⁹ <http://www.geoteam.dk/produkter/gpsnetdk/entreprenoerer.html>

¹³⁰ Her antages, at vejen er 12.8m bred, man kan spare 9,1 mm asfaltykkelse og asfalt koster 20.39 \$ pr. ton.

¹³¹ <http://topconcare.com/roi-calculators/3d-mc-3d-mc2-roadwork-roi-calculator/>

¹³² <https://www.ice.org.uk/disciplines-and-resources/case-studies/crossrail-tunnel-construction-monitoring>

¹³³ Adam Thomas, Fugro NPA Satellite Mapping UK (2012) *Earth Observation data and services in support of the rail sector & the Live Land project* præsentation ved European Space Solutions 2012.

¹³⁴ Krištof Oštir m.fl. Slovenian Centre of Excellence for Space Sciences and Technologies (2014) *Application of remote sensing in urban forests – identification of tree species and detection of Japanese knotweed* præsentation ved European Space Solutions 2014.

7.8.5 Energi

Den voksende befolkning gør, at energien er knap, og den energi der er til rådighed, skal bruges mere effektivt. EU's direktiv om energieffektivitet¹³⁵ foreskriver således, at mere effektiv brug af energi skal udmøntes i energibesparelser i unionen på 20 % pr. 2020. Direktivet pålægger desuden, at offentlige bygninger skal foregå med et godt eksempel og skal forbedres med energieffektive løsninger, og fra 2014 at der hvert år bør implementeres energieffektive løsninger på bygninger, der udgør 3 % af det samlede offentlige gulvareal.

Danmarks mål er forskellig fra de samlede EU-mål, idet landet er forpligtet til at nedbringe sit energiforbrug gennem energieffektivisering med 14 % i 2020 sammenlignet med 2006.¹³⁶ I 2014 blev regeringens strategi for energirenovering af bygninger fremlagt, og denne strategi forventes at nedbringe nettoenergiforbruget i den eksisterende bygningsmasse med 35 % pr. 2050.¹³⁷

Energieffektivisering kræver et godt kendskab til den eksisterende bygningsmasses energitab, men energimålinger af bygninger kan være en bekostelig affære for kommuner og andre ejere af mange, store bygninger. Copernicus Masters – DLR Environmental Challenge blev i 2012 vundet af ThermCERT, som anvender JO-data til at kortlægge bygningers varmetab og giver dermed offentlige myndigheder og andre ejere mange forskellige bygninger rundt om i en kommune eller landet mulighed for at udvælge de bygninger, hvor effektiviseringsprojekter kan medføre den største gevinst, og foretage detaljeret analyse af de mest effektive løsninger. En anden fordel ved satellitbaserede data er, at de er indsamlet af den samme sensor og analyseret ved hjælp af det samme software, hvilket sikrer det bedst mulige sammenligningsgrundlag for de enkelte bygningers resultater.¹³⁸

Ud over energiforbrug påvirkes energiforsyning også af urbaniseringen. Det danske forsyningsnetværk varetages af EnergiNet, som har ansvaret for at det danske el- og gassystem er velfungerende.¹³⁹ For at sikre forsyningsikkerheden er det nødvendigt at overvåge netværket og at reagere på at ændringer i efterspørgsel modsvares tilstrækkeligt i udbud. Derudover er det vigtigt at sikre, at fejl på netværket udbedres hurtigt og effektivt. De såkaldte Phasor Measurement Units (PMU) måler udsving på netværket og giver mulighed for at estimere kvaliteten af den transmitterede energi. PMU anvender ofte GNSS til at sikre, at de til hovedkvarteret indsendte observationer har nøjagtige tidsoplysninger, som gør, at eventuelle uventede udsving kan føres tilbage til, hvor et eventuelt problem opstår og muliggør derved bedre udbedring af fejl.

Inden for energi gør byudviklingen også, at energiproduktionen evt. skal øges. Danmark har ambitiøse mål om at opnå total uafhængighed af fossile brændstoffer pr. 2050¹⁴⁰, og det er derfor nødvendigt at erstatte kapaciteten på de eksisterende kraftværker med alternative kilder som vind- og solenergi.

¹³⁵ DIRECTIVE 2012/27/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC.

¹³⁶ <http://www.ens.dk/forbrug-besparelser/energibesparelser-offentlige-sektor>

¹³⁷ <http://www.ens.dk/forbrug-besparelser/energirenoveringsstrategi/strategi-energirenovering-bygninger>

¹³⁸ <https://astrosat.biz/products/thermcert>

¹³⁹ <http://energinet.dk/DA/OM-OS/Om-virksomheden/Sider/default.aspx>

¹⁴⁰ <http://www.ens.dk/politik/dansk-klima-energi-politik>

JO-data fra SAR-sensorer kan også her bidrage til at træffe den bedste beslutning om placering af vindmøller. Figur 29 viser eksempelvis den gennemsnitlige vindhastighed i danske farvande, baseret på målinger fra REMSS¹⁴² over en 10-årig periode. Disse informationer tillader, at havmølleparker kan placeres på de mest fordelagtige lokaliteter uden at kræve adgang til vejrobservationsdata, som i reglen ikke dækker havet med samme præcision.

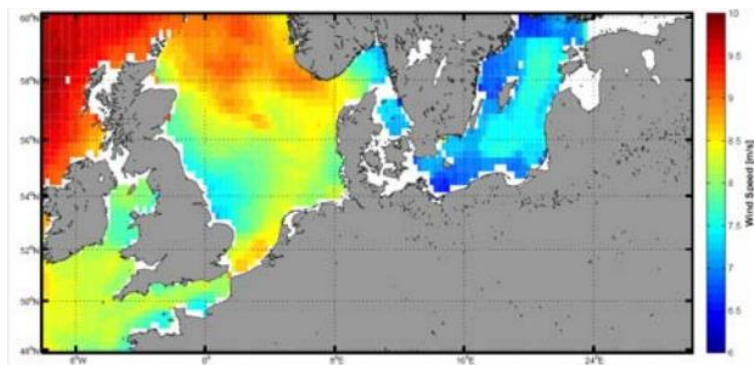
Ud over vindmøller er solenergi en væsentlig kilde til grøn energi i Danmark. Også her er JO-data af væsentlig betydning, idet de kan anvendes til at beregne overfladetemperaturen i et område over tid og dermed sikre, at solcelleparker placeres på de mest fordelagtige lokaliteter.¹⁴³

Private borgere, som ønsker at installere solcelleanlæg, drager fordel af satellitdata, idet leverandører kan bruge offentligt tilgængelige og kommercielle tjenester til at indsamle grunddata om borgerens bolig, såsom tagets orientering og skyggegivende obstruktioner som træer eller høje nabobygninger.

En række analyser peger på vand som et centralt område for global økonomisk vækst over de kommende årtier. Dette hænger særligt sammen med, at en stadigt større befolkning har behov for rent vand. I dag lever godt 1,7 mia. mennesker i regioner, hvor der er vandstress. Dvs. at der er så lidt ferskvand til stede, at de vil opleve vandproblemer i løbet af et år. Samtidig vil 1,8 mia. mennesker leve i lande med decideret vandmangel. Fra et vækstperspektiv betyder det, at mange lande over de kommende år skal foretage store investeringer i nye løsninger på vandområdet¹⁴⁴.

På vandområdet har Danmark nogle store førende virksomheder og mange små og mellemstore innovative virksomheder inden for et bredt spektrum af teknologier. Det drejer sig bl.a. om teknologier til vandbesparelser, vandrensning, pumpeteknologier, vedligeholdelse af infrastruktur, analysemetoder, online monitoring og modellering. I forhold til brug af satellitdata kan særligt DHI GRAS nævnes. Virksomheden arbejder med satellitbaseret jordobservation for flere interessenter, blandt andre ESA. Det gælder eksempelvis store projekter om vandressourceforvaltning i Afrika og klimatilpasningsprojekter i Sydøstasien. Ud over aktiv deltagelse i ESA-finansierede projekter har firmaet flere operationelle services og ydelser, som baserer sig på jordobservationsdata fra ESA's JO-missioner (bl.a. ENVISAT, Sentinel).

Figur 29. Gennemsnitlig havvindhastighed over 10 år



Kilde: C. B. Hasager, M. Badger, A.Mouche¹⁴¹, I. Karagali, P. Astrup, M. Nielsen, F. Bingöl, A. Peña, X.G. Larsén, J. Badger, A.Hahmann, T. Mikkelsen og S.-E.Gryning fra Risø, Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi, DTU, *Offshore wind resource estimation for wind energy* http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:59191/datastreams/file_5019080/content

¹⁴¹ CLS, France; ikke Risø.

¹⁴² Remote Sensing Systems, <http://www.remss.com/about/who-we-are>.

¹⁴³ Dr Heinz Ossenbirk, Europakommissionens Joint Research Centre (2013) *Renewable Energy Challenges: Solutions from Space* præsentation ved European Space Solutions 2013.

¹⁴⁴ Miljøministeriet, 2012: Danske virksomheder på vandområdet.

BILAG 1: METODEBILAG

1.1 Rumområdets reelle omfang i Danmark

Kapitlet involverede tre delopgaver, metoden for løsning af disse er beskrevet i dette bilag.

1.1.1 Identifikation

Rumrelevante virksomheder er identificeret med udgangspunkt i adskillige kilder modtaget fra Styrelsen for Forskning og Innovation (FI), London Economics' interne lister af virksomheder med rumaktivitet, samt omfattende internetsøgning.

- FIs lister (ESA (under-)leverandører, FP6, FP7, og Horizon 2020 ansøgere, JO interessentielle, øvrige virksomheder)
- London Economics' interne lister af rumvirksomheder inklusiv datterselskaber
- Hjælpe middeldatabasen
- Sponsorer af rumrejsen.dk
- Publikationer fra DTU samt Kortlægning af Rumområdet i Danmark
- Google-søgning på ".dk" sider af
 - GPS, Satellit, Space, GNSS, VSAT, Inmarsat/Iridium/Thuraya m.fl.

1.1.2 Virksomhedsanalyse

Virksomhedsanalysen er baseret på det bedste tilgængelige data. Interviews med enkelte nøglevirksomheder med stor betydning for det samlede resultat eller stor diversificering i rum-relaterede aktiviteter er blevet interviewet for at sikre bedst mulig præcision. Øvrige virksomheder er analyseret gennem årsrapporter, hvis muligt, og information fra hjemmesider.

Få danske rumvirksomheder er børsnoterede, og kvaliteten og præcisionen i tilgængelig data er derfor begrænset. Vi har derfor anvendt den samme procedure til analyse af virksomheder, som vi har brugt i forbindelse med andre rumprojekter for GSA og UK Space Agency.

Analyseprocessen resulterede i en vurdering af hver enkelt virksomheds rumomsætningsgrad (dvs. andelen af omsætning der stammer fra rumrelaterede aktiviteter) samt andelen af rumomsætning der stammer fra de forskellige aktiviteter i værdikæden.

BILAG 2: PROFILER FOR INTERVIEWEDE VIRKSOMHEDER

Virksomhed	Beskrivelse
DHI GRAS	DHI GRAS arbejder med satellitbaseret jordobservation for flere interessenter, blandt andet ESA. Det gælder eksempelvis store projekter omkring vandressourceforvaltning i Afrika og klimatilpasningsprojekter i Sydøstasien. Udover aktiv deltagelse i ESA-finansierede projekter har firmaet flere operationelle services og ydelser som baserer sig på jordobservationsdata fra ESA's missioner (bl.a. ENVISAT, Sentinel). DHI GRAS er officiel distributør af satellitbilleder fra de globale operatører af satellitter. Udover at distribuere satellitbilleder arbejder DHI GRAS med at analysere billederne for at kortlægge miljøforhold i hele verden. DHI GRAS er ejet af DHI, som er en uafhængig forsknings- og konsulentvirksomhed specialiseret i vandmiljø. DHI GRAS beskæftiger 10 fuldtidsmedarbejdere.
Cobham Satcom	Cobham Satcom, tidligere Thrane & Thrane A/S, er en del af den engelske Cobham-koncern, hvis produkter og serviceydelser har været omdrejningspunktet for avancerede militære og civile systemer i mere end 75 år. Virksomheden udvikler, producerer og sælger udstyr og systemer til global, mobil kommunikation baseret på satellit- og radioteknologi. Produkterne sikrer kommunikation mellem mennesker på land, til vands og i luften. Virksomheden beskæftiger ca. 550 fuldtidsmedarbejdere i Danmark, heraf ca. 250 uden for Aalborg og resten i Lyngby.
Danish Aerospace Company	Danish Aerospace Company producerer bl.a. udstyr til medicinske og fysiologiske forsøg i rummet - blandt andet særlige kondicykler. Virksomheden beskæftiger 18 fuldtidsmedarbejdere og har base i Odense. Danish Aerospace Companys udstyr bruges til videnskabelige forsøg – især for at finde ud af, hvordan menneskekroppen fungerer i rummet. Ud over at udvikle og fabrikere udstyret er Odense-firmaet direkte med på lyd, video og data, når der udføres nogle af de videnskabelige forsøg på Den internationale Rumstation.
FORCE Technology	GTS-instituttet FORCE Technology har deltaget i ESA's udvikling af løfteraketter siden 1996. Ydelserne fra FORCE Technology omfatter sensorteknologi, automatisering, ikke-destruktiv kvalitetskontrol, lasersvejsning og additiv produktion. På instituttets hovedkontor i Brøndby findes særlige laboratorie- og produktionsfaciliteter, herunder bl.a. lasere af forskellige typer og størrelser, en automatisk og fleksibel svejsecelle, der kan håndtere op til 5 tons og en installation dedikeret til automatiseret inspektion af raketdyser i fuld størrelse. Instituttets omsætning dækkes udelukkende af udenlandske kunder, heraf tegner ESA sig for langt den overvejende del (ca. 90 %).
GomSpace	GomSpace er blandt verdens førende inden for nanosatellitter. Teknologien går under navnet 'CubeSats'. Virksomheden beskæftiger aktuelt ca. 40 fuldtidsmedarbejdere, men forventer at beskæftige ca. 55 medarbejdere ved udgangen af 2016. GomSpace blev etableret i 2007 af tre studerende fra Aalborg Universitet. De stærke relationer til universiteter opretholdes blandt andet via virksomhedens placering i NOVI's forskerpark, hvor nærhed til forskermiljøet og forskningsfaciliteter på universitetet og universitetshospitalet er i højsædet. GomSpace bliver børsnoteret på NASDAQ First North, Premier i Stockholm. Første handelsdag er d. 16. juni 2016.
NAVIAIR	Danmarks flyvekontrolltjeneste hvis engagement i Aireon gør virksomheden til en væsentlig spiller på markedet for satellitbaseret flyovervågning. Aireon er et samarbejde mellem en række selskaber, som i løbet af de kommende år vil etablere verdens første satellitbaserede fuldt globalt dækkende overvågningsystem til luftfarten. Når det nye system efter forventningen er i drift i 2018, vil det være muligt overalt på kloden at hente data om alle fly, som er udstyret med ADS-B-udstyr. Langt de fleste kommercielle fly har allerede i dag dette udstyr, men aktuelt er det mindre end 30 procent af klodens areal, som er dækket af det eksisterende overvågningsudstyr. De resterende – ofte øde – områder er i dag uden overvågning, så lufttrafikstyringen baseres i dag på piloternes egne indrapporteringer over radioen om position, højde, kurs og fart. Blandt andet på grund af lange rapporteringsintervaller er usikkerheden så stor, at flyvekontrollen lægger meget store sikkerhedsafstande ind mellem flyene.

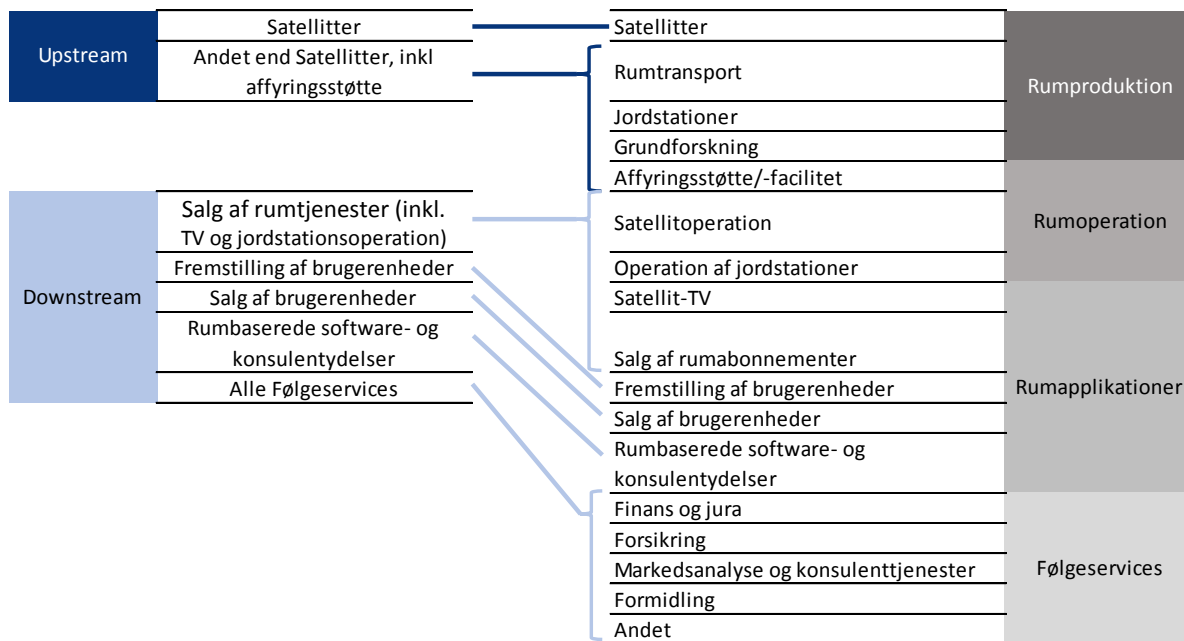
Virksomhed	Beskrivelse
Terma	Termas første rumudstyr blev opsendt i 1972, og virksomheden er derfor blandt de mest erfarne europæiske leverandører af udstyr til rummissioner. Termas spidskompetence ligger i højtudviklet nicheteknologier og robuste operationelle systemer til rumindustrien. Terma dækker alle faser af en upstream rummission, og virksomhedens software og produkter bruges af astronauter og satellitter verden over. Terma tilbyder løsninger inden for videnskabelige missioner, jordobservation, navigation og kommunikation. Terma er blandt Danmarks mest succesrige ESA-leverandører.

BILAG 3: VÆRDIKÆDEKONVERTERING

Rumomsætningsgrader i alle værdikædeelementer er blevet ganget med total omsætning og derefter konverteret til rumomsætning af Danmarks Statistik, som også har aggregeret data til samlet niveau.

Fordi Danmarks Statistik kræver mindst 10 virksomheder til aggregering har vi været nødt til at konvertere værdikæden til en på højere niveau. Tabellen nedenfor beskriver konverteringen.

Figur 30. Værdikædekonvertering



BILAG 4: SATELLITMISSIONER MED DANSK DELTAGELSE

Mission	Organisation	Opsendt	Kunde
ESRO IV	Terma	1972	ESA
COS-B	Terma	1975	ESA
METEOSAT	Terma	1977	ESA+Andre
EXOSAT	Terma	1983	ESA
OCG	Terma	1983	Andre
SPACELAB	Terma	1983	ESA
LDEF	Terma	1984	NASA
OLYMPUS	Terma	1989	ESA
Ulysses (ISPM)	Terma	1990	ESA+NASA
EURECA	Terma	1992	ESA
ISO	Terma	1995	ESA
Cassini/Huygens	Terma	1997	ESA+NASA
SKYNET	Terma	1997	Andre
Ørsted	Terma	1999	Dansk
Ørsted	DTU	1999	Dansk
XMM-Newton	Terma	1999	ESA
SAC-C	Terma	2000	NASA + Andre
INTEGRAL	Terma	2002	ESA
INTEGRAL	DTU	2002	ESA
MSG-1	Terma	2002	ESA + Andre
Mars Express	Terma	2003	ESA
AAU Cubesat	AAU	2003	Dansk
DTUsat-1	DTU	2003	Dansk
Rosetta	Terma	2004	ESA
CryoSat	Terma	2005	ESA
MSG-2	Terma	2005	ESA + Andre
Venus Express	Terma	2005	ESA
Radarsat-2	Terma	2007	Andre
GRACE	DTU	2008	NASA
AAUSat-2	AAU	2008	Dansk
Herschel	Terma	2009	ESA + NASA
Planck	Terma	2009	ESA
Planck	DTU	2009	ESA
SMOS	DTU	2009	ESA
Terahertz kamera	DTU	2009	ESA
CryoSat2	Terma	2010	ESA
Cryosat2	DTU	2010	ESA
Juno	DTU	2011	NASA
Galileo	Terma	2011	ESA
MSG-3	Terma	2012	ESA + Andre
NuSTAR	DTU	2012	NASA + Andre

Mission	Organisation	Opsendt	Kunde
Sapphire	Terma	2012	ESA + Andre
Sentinel-1	Terma	2012	ESA
Galileo	Terma	2012	ESA
Aeolus	Terma	2013	ESA
ERA (ISS)	Terma	2013	ESA
GAIA	Terma	2013	ESA
Lisa Pathfinder	Terma	2013	ESA
Swarm	DTU	2013	ESA
AAUSat-3	AAU	2013	Dansk
GOMX-1	GomSpace	2013	Dansk
BepiColumbo	Terma	2014	ESA + Andre
DTUsat-2	DTU	2014	Dansk
GOMX-2	GomSpace	2014	Dansk
AAUSat-5	AAU	2015	Dansk
Demise Observation Capsule	GomSpace	2015	ESA
GOMX-3	GomSpace	2015	ESA
ExoMars	DTU	2016	ESA + Andre
ExoMars	Terma	2016	ESA + Andre
AAUSat-4	AAU	2016	Dansk
ASIM	DTU	2017	ESA
OPS-SAT	GomSpace	2017	ESA
James Webb Space Telescope	DTU	2020	ESA+NASA

BILAG 5: DEFINITIONER OG BESKIVELSER AF VÆRDIKÆDEELEMENTER

Værdikædeelement og antal	Beskrivelse	Virksomhedseksempel
Rumproduktion: 28		
Satellitter: 20	Produktion af komplette satellitter, systemer (fx strømforsyninger), og komponenter som ender i kredsløb om Jorden	GomSpace, Terma, Rovsing, Flux
Rumtransport (raketter mv.): 5	Produktion til løfteraketter, samt systemer og komponenter dertil	Force Technology, Copenhagen Suborbitals
Jordstationer: 4	Produktion af komponenter og systemer til, samt komplette, jordstationer til styring af og kommunikation med satellitter og øvrigt isenkram i rummet	Terma, Rovsing, Falck Schmidt Defence Systems, Cobham Satcom
Grundforskning: 4	Produktion af komponenter og systemer til grundforskningssatellitter (fx Rosetta), ISS, og jordbaserede teleskoper (fx ESO)	Danish Aerospace Company, Terma, Kirkholm Maskiningeniører
Rumoperation: 7		
Satellitoperation: 2	Styring af egne satellitter samt udlejning og salg af kapacitet på egne satellitter	GomSpace, NaviAir (gennem joint-venture, kommende)
Affyringsstøtte: 3	Operation af rumhavne (kosmodromer) samt salg og mægling af affyringskapacitet	Esvagt, Weibel Scientific, Rovsing
Operation af jordstationer: 5	Operation af jordstationer til tredjeparts-kontrol af satellitter samt kommunikation mellem Jorden og satellitter i kredsløb (teleportoperation og nedtagning af Jord-observationsdata)	Danish Aerospace Company, Tele Greenland International, UltiSat, DMI
Dataarkiver: 0	Opmagasiner og samling af rå JO-data som videreformidles til applikationsvirksomheder	
Rumapplikationer: 98		
Rumbaserede software- og konsulenttjenester: 51	Opbygning af specifikke softwareløsninger til bearbejdning af rumdata samt salg af konsulenttydelser hvor satellitdata indgår som væsentligt, uundværligt, input	DHI, Black Box Denmark, Cubris, Geoteam
Salg af brugerenheder: 51	Salg af brugerenheder til anvendelse af rumdata og -produkter som GPS og satellitkommunikation. Kategorien indeholder kun virksomheder som vurderes at være i alvorlige problemer hvis satellitterne blev slukket. Detailhandlere med mange varenumre hvoraf GPS-enheder er et, er uden for analysen	Furuno, Garmin, Leica Geosystems, Bornholms Skibradio, Gatehouse
Fremstilling af brugerenheder: 18	Fremstilling af apparater til anvendelse af rumdata og -produkter, herunder GPS og satellitkommunikation	Triax, Cobham Satcom, Lars Thrane, Satcom1
Salg af rumtjenester: 13	Salg og mægling af kapacitet på tredjeparts satellitter (herunder jordobservation og satellitkommunikation)	Emperion, Europasat Denmark, Furuno Broadband Services

Værdikædeelement og antal	Beskrivelse	Virksomhedseksempel
Satellit-tv: 4	Salg af adgang til satellit-tv	Viasat, Canal Digital, Studios
Følgeservices: 15		
Markedsanalyse og konsulent-tjenester: 10	Markedsanalyse og konsulent-tjenester med specifikt fokus på rummet	Zoperate, Oracle Danmark, Ticra
Formidling: 5	Formidling af rumrelateret viden i observatorier, museer og lignende	DMI, Planetarier
Finans og jura: 0	Specifikke tjenester med rumfokus	-
Forsikring: 0	Specifikke tjenester med rumfokus	-
Universiteter		
Grundforskning	Grundforskning inden for astronomi, astrofysik mv.	Aarhus Universitet, Syddansk Universitet, DTU, Københavns Universitet
Anvendt forskning	Forskning med anvendelse af rummet samt forskning i rumrelaterede teknologier (satellitkomponenter og lignende)	DTU, Aalborg Universitet
Offentlige instanser		
Forskning:	Forskning med anvendelse af rumdata og -produkter	DMI og universiteterne
Ideudvikling:	Politik- og ideudvikling baseret på rumdata	
Offentlige og private brugere		
Brugere af rumbaserede data og produkter	Kommercielle og offentlige brugere af færdigkøbte rumdata og produkter (dvs. uden egen udvikling).	Ministerierne i strategigruppen samt øvrige myndigheder
Brugere af teknologi og viden fremskaffet gennem rumrelateret forskning og udvikling	Brugere af rum-udviklet teknologi	

BILAG 6: VIRKSOMHEDSLISTER

Virksomhedsnavn	Virksomhedsnavn	Virksomhedsnavn	Virksomhedsnavn
ZOPERATE APS	ESVAGT AS	Locus	Sateye
Abax	Euman a/s	Logodan A/S	SCAN ANTENNA A/S
AJ Geomatics	Europasat Denmark	LYTZEN A/S	Scandinavian Avionics
Alexandra-instituttet	Eurotracker ApS	Marimatech A/S	ScanMarine DK Aps
AMPLIDAN Danmark	EXPLICIT I/S	Micro-PC Aps	SeaMaster Aps Esbjerg
ANYBODY TECHNOLOGY A/S	FALCK SCHMIDT DEFENCE SYSTEMS	Mobilethink	Seasat A/S
ASC P.BALLING ANTENNA SYST	Fleetfinder	NaviAir	ShipIT
ASCEND ApS	FLT Alarmer ApS	Necas A/S	Skyhost
Ascom	FLUX A/S	NIRAS	SmartGPS.dk
ATCOM ApS	FORCE TECHNOLOGY	NKT PHOTONICS A/S	SPACECOM A/S
AVIMAR ApS	Furuno Broadband Services	Noliac A/S	SSBV-Rovsing A/S
AXCON APS	Furuno DK	NSSLGlobal	Stella Care ApS
Black Box	Garmin Nordic Denmark A/S	NXP Semiconductors	Studios
Bornholms Skibradio	GATEHOUSE A/S	OFS FITEL DENMARK APS	Teejet
Brorfelde Observatorium	GEA-SAT ApS	OHMATEX APS	Teknologisk Institut
Canal Digital	Geoteam A/S	Økolariet	TELE Greenland International A/S (TGI)
Care4all ApS	GOMSPACE APS	ORACLE DANMARK ApS	TeleServe Ltd
Cekura	GPS Agro	Orion Planetarium	TERMA A/S
CEPTU IVS	GPS-Tracker.dk	Parabol Eksperten	TICRA
Clip-Lok SimPak (Scandinavia) ApS	Hans Buch	ParabolShoppen	ToppTOPO A/S
Cobham Satcom	Huber+Suhner	Polar Electro Danmark ApS	TrackMe
Copenhagen Suborbitals	HYTEK	Polaris Electronics	Trackunit A/S
Cubris	IHM P/S	PRI-DANA ELEKTRONIK A/S	Triax A/S
Cuwilak A/S	Informi Gis	PRINS ENGINEERING	TrippleTrack
Dan Kontrol A/S	INNOWARE A/S	Procom A/S	Tunstall
Dan Technologies A/S	INTEGRA CONSULT A/S	ProMobil ApS	Tycho Brahe Planetarium
Danbit	Intelligent Marking ApS	r2pTracking Danmark	UltiSat
Danish Aerospace Company	Intergraph Danmark A/S	RADIOLAB CONSULTING	UniqTracking
Danmarks Meteorologiske Institut	Intermec Technologies	RAKETMADSENS RUMLABORATORIUM ApS	VHF Skolen
Dansk Beredskabskommunikation A/S	International Rectifier Danmark ApS	RF Micro Devices (Denmark) APS	Viasat
DFM - Danmarks Nationale Metrologiinstitut	Jysk Landmåling ApS	ROHDE & SCHWARZ DANMARK A/S	Vicsat A/S
DHI GRAS A/S	KIRKHOLM MASKININGENIØRER A/S	ROHDE & SCHWARZ Technology Center A/S	Weebs Aps
Ecofleet Systems ApS	KVH Industries	Saab Danmark A/S	WEIBEL Scientific A/S
EIVA A/S (HEADQUARTERS)	Lars Thrane A/S	Safecall	WIRTEK A/S
Emperion A/S	Leica Geosystems A/S	Satcom1	Worldtrack
ESS-Security	Leica Geosystems Technology	SATCOM1 AIRTIME SERVICES ApS	XPERION/ACE - ADVANCED COMPOSI

BILAG 7: FORKORTELSER

AAU: Aalborg Universitet

ADS-B: Automatic Dependent Surveillance – Broadcast

ADS-C: Automatic Dependent Surveillance – Contract

AIS: Automatic Identification System

ATC: Air Traffic Control

AU: Aarhus Universitet

BNP: Bruttonationalprodukt

BVT: Bruttoværditilvækst

CS: Galileos kommercielle tjeneste

CTF: Controlled Traffic Farming

Cubesats: En udgave af miniatresatellitter med en vægt på mellem 0,1 kg og 1 kg, karakteriseret ved deres kube-formede opbygning af elementer på 10x10x10 cm³. CubeSats er klassificerede som "picosatellitter".

DGNSS: Differential Global Navigation Satellite System

DMI: Danmarks Meteorologiske Institut

DTU: Danmarks Tekniske Universitet

E-ELT: European Extremely Large Telescope, drives af ESO

EEA: Det Europæiske Miljøagentur

EGNOS: European Geostationary Navigation Overlay Service

EGNSS: De europæiske satellitnavigationsprogrammer, EGNOS og Galileo

EMSA: European Maritime Safety Agency

ESA: European Space Agency

ESRO: European Space Research Organisation

ESERO: European Space Education Resource Office

ESO: European Southern Observatory

EU: Den Europæiske Union

EUMETSAT: European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites

EUTELSAT: Udbyder af satellitbaserede tjenester inden for telekommunikation. Oprindeligt etableret som en tvær-europæisk organisation, i dag en privat virksomhed. Opererer 38 kommunikationsatellitter.

EØZ: Eksklusiv Økonomisk Zone (et lands andel af havet)

FI: Styrelsen for Forskning og Innovation

FoU: Forskning og Udvikling

FP7: Den Europæiske Unions 7. rammeprogram

Galileo: Et europæisk globalt satellit-baseret navigationssystem og en pendant til det amerikanske GPS. Systemet vil bestå af 24 satellitter. Programmet er initieret af EU i samarbejde med ESA.

GEO: Group on Earth Observations

GEUS: De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland

GMES: Global Monitoring for Environment and Security, tidligere navn for Copernicus

GNSS: Global Navigation Satellite System

GSTP: General Study and Technology Programme

GPS: Global Positioning System

Horizon 2020: EU's rammeprogram for forskning og udvikling. Det er opdelt i mange hundrede underprogrammer med et samlet budget på estimeret 80 milliarder euro. Horizon 2020-programmet dækker perioden 2014-2020. Tidligere programmer har været betegnet FP1 til FP7.

IA: Investeringsafkast

ICAO: Internationale Civil Aviation Organisation

IMO: International Maritime Organization

ISS: International Space Station

ITU: International Telecommunication Union

JIF: Journal Impact Factor

JO: Jordobservation

JRC: Joint Research Centre

KU: Københavns Universitet

LER: Ledningsejer-registeret

Miniaturesatellitter: En klassifikation af små satellitter ud fra deres vægt. Cubesats er en særlig udgave af picosatellitter:
Minisatellit (100–500 kg)

Mikrosatellit (10–100 kg)
Nanosatellit (1–10 kg)
Picosatellit (0.1–1 kg)
Femtosatellit (0.01–0.1 kg)

NASA: National Aeronautics and Space Administration, amerikansk

NACE: Nomenclature Statistique Des Activités Économiques, EU's standardsektornomenklatur

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration, amerikansk

NOT: Nordic Optical Telescope

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development

OS: Galileos åbne tjeneste

PMU: Phasor Measurement Unit

QZSS: Quasi-Zenith Satellite System

RTK: Real-Time Kinematics

SAF: Satellite Application Facilities

SaR: Galileos Search and Rescue tjeneste

SAR: Synergetic Aperture Radar

SatCen: European Union Satellite Centre

SBAS: Satellitbaserede augmenteringstjenester, herunder EGNOS

SDU: Syddansk Universitet

SSETI: Student Space Exploration and Technology Initiative, ESA-program

SSGP: Space for Smarter Government Programme, britisk

SR: Strategisk Rumforskning

STEREO (Solar Terrestrial Relations Observatory): NASA mission

VLT: Very Large Telescope, drives af ESO

VRT: Variable Rate Technology

WTP: Willingness-To-Pay