

Bemannet romfart



• Et nytt hav av muligheter •

Knut Robert Fossum



NTNU

Samfunnsforskning AS

Illustrasjon: ESA

*Bilder tatt av Jorden fra Verdensrommet,
bilder av en blå oase i Verdensrommets
sorte uendelighet, startet en epoke som
endret menneskehetens betraktning av
verden til en betraktning av
Verdensrommet.*



Den bemannede utforskningen av Verdensrommet er drevet av mer enn de tekniske og vitenskaplige utfordringene.

Den sivile romfarten i vår tid er en av få aktiviteter som sterkt bidrar til å utvide opplevelsen av hva det betyr å være menneske, og på samme tid bringer den et tydelig håp om å forene menneskeheten i en felles utfordring.



Hvorfor utforske Verdensrommet?

- Vi trenger kunnskap om hvordan å overleve der ute.
- Verdensrommet har nok ressurser og mysterier til å mette menneskehetens appetitt i all tenkelig framtid.
- Den som kontrollerer kunnskapen og ressursene, holder nøkkelen til morgendagens industri og samfunn.



Jorden kan sammenlignes med et stort, selvforsynt romskip, men som med alle romskip, er forsyningene begrenset.

Kunnskapen som vi trenger for å møte fremtidens utfordringer på Jorden, er mye den samme som vi trenger for den bemannede utforskningen av Verdensrommet.

Innhold

1	Introduksjon	7
	1.1 Definisjoner bemannet romfart	7
	1.2 Bakgrunn, formål og visjon	8
	1.3 Innledning	9
	1.4 Bemannet romfart i verdenshistorien	11
	1.5 Kort om historien til bemannet romfart i Norge	13
2	Verden og Verdensrommet	14
	2.1 Perspektiver og utfordringer	14
	2.2 Sentrale aktører og deres interesser	17
	2.3 USA	18
	2.4 Europa	20
	2.5 Russland	22
	2.6 Kina	23
	2.7 India	24
	2.8 Andre aktører	25
3	Norges interesser	30
	3.1 Norsk realpolitikk	30
	3.2 Næring og handel	30
	3.3 Sikkerhetsinteresser	32
	3.4 Norsk økonomi	33
	3.5 Norsk idealpolitikk	33
	3.6 Vår humanistiske arv	33
	3.7 Fredsskapning	35
	3.8 Internasjonal solidaritet	35
	3.9 Forskning og utdanning	36
	3.10 Norske astronauter	37
4	Norske aktører og aktiviteter	38
	4.1 Hovedvirksomhet	38
	4.2 Mennesket og ekstreme miljø	39
	4.3 Vektløshet som verktøy	41
	4.4 Romstasjon som plattform	44
	4.5 Verktøy i Verdensrommet	45
	4.6 Roboten – Menneskets venn	49
	4.7 Romfart i næringsklynger	52
	4.8 Noen flere aktører	56
	4.9 Strategiske aktører i Norge	57
5	Fremtidstenkning	58
	5.1 Mulige scenario	58
	5.2 Satsninger med synergi	59
	5.3 Hav og rom	59
	5.4 Energi og resirkulering	62
	5.5 Menneske og organisasjon	64
	5.6 Bærekraftig utvikling	65
	5.7 Hvorfor utforske Verdensrommet?	68
	5.8 Programmer og bevilgninger	72
6	Vedlegg	74
	6.1 Vedlegg 1 – Ordliste	74
	6.2 Vedlegg 2 – Sluttnoter og referanser	75

1. Introduksjon

Rapporten er bestilt og finansiert av Norsk Romsenter som et ledd i forberedelsene til neste nasjonale langtidsplan for romvirksomhet. Synspunktene og konklusjonene i rapporten er forfatterens egne.

1.1 Definisjoner bemannet romfart

Før man begynner å lese denne rapporten, er det nyttig å forstå noen definisjoner, slik de er benyttet her. Definisjonene er de samme som finnes i Store norske leksikon.

Romvirksomhet = All aktivitet som på en eller annen måte kan relateres til rommet, også omtalt som romrelaterte aktiviteter.

Eksempler på aktiviteter er alt fra planlegging til operasjon av forskningsraketter, bæreraketter, satellitter, romsonder, bemannede romfartøyer og romstasjoner, dessuten innsamling og bearbeidelse av vitenskapelige data. Aktiviteten i rommet kan deles i romforskning, bruk av nyttesatellitter, militær romvirksomhet og romfart.

Romfart = bemannet romfart og ubemannet utforskning i forberedelse for den bemannede.

I denne rapporten brukes også begrepet romfart og utforskning for å synliggjøre at man inkluderer ubemannede aktiviteter som kan bli sett på som forberedende for bemannede aktiviteter. I vid betydning, og i daglig tale, er begrepet av og til brukt om romvirksomhet generelt.

Bemannet romfart = Fokus på det menneskelige nærværet.

Bemannet romfart er den del av romvirksomheten som har med menneskelig nærvær i rommet å gjøre, dvs. planlegging, konstruksjon, bygging, oppskytning, operasjon osv. av bemannede romfartøyer eller romstasjoner.

1.2 Bakgrunn, formål og visjon

i. 20 år har gått siden det i Norge ble gjennomført en helhetlig utredning i forbindelse med romfart. Dette til tross for at Norge har deltatt i samarbeidet om Den Internasjonale Romstasjonen siden 1994, og at det i samme tidsperiode har pågått en kontinuerlig internasjonal debatt. Heller ikke i Norsk Romsenters langtidsplan eller visjon for 2015 er bemannet romfart omtalt som et eget tema, med egne mål.

ii. Flere forhold ligger til rette for at 2010-2012 kan bli et vannskille i tilnærmingen til og betydningen av bemannet romfart på den internasjonale scene. EU og Europa har gjennom Lisboa-traktaten og andre avtaler utpekt romfart som et mulig satsningsområde for Europa. Obama-administrasjonen har som forventet tatt grep om NASAs budsjett, og gitt medfølgende prioriteringer, deriblant forlengelse av romstasjonens levetid. India og Kina sin fremvekst som globale supermakter reflekteres også i deres satsinger og ambisjoner for sin romvirksomhet.

iii. Formålet med denne rapporten er først og fremst å danne grunnlaget for en nasjonal prosess, for å diskutere og etablere ulike scenario for fremtiden og hvilken rolle romfart kan og bør få i Norge.

iv. Rapporten omtaler noen scenario som den globale utviklingen kan komme til å følge, og hvordan dette kan bidra til å forme fremtiden. Noen refleksjoner for hvordan romfart kan forankres i norske interesser, og ivareta og skape verdier i det norske samfunnet, er også presentert.

v. Visjonen som trenger seg frem gjennom arbeidet med denne rapporten, er at den sivile romfarten i vår tid er en av få aktiviteter som sterkt bidrar til å utvide opplevelsen av hva det betyr å være menneske, og på samme tid bringer et tydelig håp om å forene menneskeheten i en felles utfordring.

vi. Rapporten forsøker å tegne et bilde av romfart som en katalysator for, endog grunnlaget for, en ny høyteknologisk industri i Norge.

vii. Rapporten er skrevet av en romaktør med sitt daglige virke utenfor Norsk Romsenter. Dette har vært et bevisst valg fra Norsk Romsenters side, for å få nye ideer og perspektiver.



Det er gode utsikter for videre norsk deltagelse i romstasjonsprogrammet når dette blir forlenget. Om en mulig norsk satsning på bemannet romfart generelt har like gode utsikter er usikkert. Bildet av nordlyset er tatt fra romstasjonen som passerer over Skandinavia. Bilde: NASA.

1.3 Innledning

Behovet for å skape et realistisk bilde av fremtiden, og hva den vil bringe av muligheter og utfordringer, har alltid, bevist eller ubevist, vært et av menneskets særegne trekk. I dag er viktigheten av å kunne forholde seg til fremtiden allment anerkjent, og har stort fokus i de fleste romfartsorganisasjoner. Dette er trolig en av grunnene til at fremtidsforskning og dens anvendte metodikk har fått økt fokus de siste årene. Arbeidet med denne rapporten har benyttet seg av metoder som omtales under samlebegrepet foresight¹.

Arbeidet startet med å *kartlegge og samle fakta* om norske bedrifter, institutter og universiteter som jobber inn mot bemannet romfart i dag, eller har interesser og potensial for fremtidig involvering. Personer fra disse miljøene har deltatt i samtaler, intervju og en workshop i løpet av 2010. Hovedfokus, og den viktigste arbeidsmåten, har vært å utvikle og diskutere ulike *scenario* for fremtiden, og hvilken rolle romfart har, og kan få, i Norge.

Historien, og en forståelse av den, er veldig viktig når man skal prøve å forstå fremtiden. Rapporten tar derfor innledningsvis for seg en kort oppsummering av bemannet romfart i verdenshistorien, og et kort tilbakeblikk på historien til romfart i Norge siden romalderen startet for over 50 år siden.

Perspektiv og forståelse for hva som skaper og former de store strømninger i samfunnet, både det lokale og det globale, er avgjørende for å identifisere mulighetene og utfordringene som fremtiden bringer. I kapittelet 2. *Verden og Verdensrommet*, omtales begrunnelser for andre nasjoner og aktører sin satsning på romfart, og diskuterer mulige konsekvenser som følge av dette, både teknologiske, økonomiske og politiske.

Hva som blir det neste store prosjektet innen bemannet romfart, hvem som deltar, hvorfor og hva er utfordringene som man må forholde seg til, er et sentralt tema i perspektivene som denne rapporten gir. I 2010 ble det klart at partnerne i romstasjonsprogrammet er enige om å forlenge romstasjonens levetid til 2020, kanskje til 2028.

¹ Foresight er et samlebegrep for alle metodene som kan brukes til å tenke strategisk rundt kreftene som driver samfunnsutviklingen. Den vanligste metoden innenfor foresight er bruk av scenario, som skal hjelpe beslutningstakere å stille bedre spørsmål og forberede seg på uforutsette endringer.

Vår og sommer 2010 ble brukt til å forankre denne enigheten i politiske beslutninger på nasjonale plan, og i slutten av 2012 er det forventet å ha et budsjett og en klar plan for den videre utnyttelse av romstasjonen.

Romstasjonen er i dag historiens største, sivile, teknologiske, internasjonale samarbeidsprosjekt, og vil i de neste 10-15 årene fortsette å være flaggskipet for bemannet romfart. Alternativene for nye store prosjekter, og mulige tidslinjer for disse, som omtales i denne rapporten, omfatter Månen, Mars, nye romstasjoner og romfartøy.



Den internasjonale romstasjonen (ISS) avbildet i 2010. Bilde: NASA.



En permanent månebase er fortsatt et viktig mål for mange romfartsnasjoner. Illustrasjon: NASA.

Norske aktiviteter og aktører bidrar per 2011 daglig til drift og utnyttelse av romstasjonen, og mange er godt posisjonert til også å delta i fremtidens prosjekter. Kapittel 4. *Norske aktører og aktiviteter*, gir en oversikt over noen norske aktører innen forskning, utdanning og industri, og diskuterer pågående aktiviteter, utfordringer og muligheter for fremtiden.

Norske interesser, som alle andre nasjoner, reflekteres best i den politikk som føres. Men fordi politikk også i stor grad styres av verdier, fokuserer denne rapporten på hvordan romfart kan bidra til det norske samfunnets velferd, sikkerhet og grunnleggende synspunkt. Kapittel 3. *Norges Interesser*, identifiserer noen interesseområder forankret i norsk real- og idealpolitikk, og diskuterer hvordan romfart kan være et verktøy, eller et delmål, for norske interesser.

Fremtiden for romfart er drevet av 3 hovedfaktorer som virker forsterkende, men også begrensende, på hverandre:

1) Kunnskap om de verdier som utforskningen av Verdensrommet representerer for samfunnet, og hvordan de kan utnyttes av offentlige og private aktører, både globalt og lokalt.

2) Evne og kostnader for transport til jordbane.

3) Vilje til å investere i de to første basert på personlig, organisatorisk, nasjonal eller multinasjonale ønsker om å høste disse verdiene.

Hvis disse faktorene får virke forsterkende på hverandre over lang nok tid, vil det gjøre menneskeheten til en romreisende sivilisasjon, hvor Jordens økonomiske og folkerettslige sfære vil omfatte større og større deler av Verdensrommet.

Rapporten diskuterer også de grunnleggende spørsmålene:

Hvilke interesser, grunnleggende verdier og muligheter har Norge av å investere i bemannet romfart?

Hvordan vil, og kan, bemannet romfart være en faktor for utviklingen av menneskehetens fremtid?

Hvordan skal Norge forholde seg til en fremtidig utvidelse av Jordens økonomiske og folkerettslige sfære? Kort sagt, denne rapporten foretar en balansegang mellom det matnyttige og det idealistiske.

Scenario for fremtiden som omtales i kapittel 5. *Fremtidstenkning*, kan deles i to tidshorisonter. Fra i dag og de neste 10 årene, og fra 2020 og fremover. I de neste 10 årene vil hovedfokus være på å gjennomføre eksisterende og vedtatte programmer samt planlegge og legge grunnen for nye store romfartsprosjekter fra 2020 og utover.



Virgin Galactic planlegger å starte flyvninger opp til 100 km med turister i løpet av 2011. Illustrasjon: Virgin Galactic.



Illustrasjon av Virgin Galactic Spaceport som bygges i New Mexico i USA. Illustrasjon: Virgin Galactic.



Bigelow Aerospace har skutt opp to ubemannede prototyper for å teste komponenter til sine private romstasjoner. Bilde: Bigelow Aerospace.

1.4 Bemannet romfart i verdenshistorien

Drømmen om å reise i Verdensrommet har vært en eiendommelighet ved mennesket i uminnelige tider. Det gir seg blant annet uttrykk i en blomstrende science-fiction-litteratur. Betydningsfulle personer i historien som alle ble drevet av denne drømmen, omfatter blant annet *Konstantin Tsiolkovskij (1857-1935)*, som betraktes som romfartens far, etter at han ved slutten av det 19-århundre beskrev teknologien som er nødvendig for å kunne reise i rommet, i særdeleshet rakettmotoren. *Robert Goddard (1888-1945)* eksperimenterte på 1920-tallet og 1930-tallet med raketter drevet av flytende drivstoff, et arbeid som gikk forholdsvis ubemerket hen, men dannet grunnlaget for arbeidet til *Wernher von Braun (1912-1977)*. Han ledet arbeidet som resulterte i den store utviklingen som fant sted i Tyskland under den 2. verdenskrig, og hvor romalderen i praksis ble innledet 3. oktober 1942, med oppskytingen av en A4-rakett, forløperen for V2-raketten. I denne perioden ser man også de første dystre, praktiske eksemplene på hvordan teknologien som var tenkt for fredelige reiser i Verdensrommet, blir omfavnet og dyrket fram som hjørnestein i en helt ny militær doktrine, og i militære anvendelser som har definert verdensordenen vi i dag lever med.

Starten på den egentlige romalderen regnes av de fleste som 4. oktober 1957, da Sputnik 1, verdens første satellitt, ble skutt opp fra Bajkonur kosmodromen i Sovjetunionen.

Det er **fortsatt ingen rutine** knyttet til det å fly mennesker i Verdensrommet. Hittil har cirka 530 personer vært med på romferder som har brakt dem i bane rundt Jorden. De fleste har gjennomført flere ferder. Kun 12 av disse har også gått på Månens overflate. Ingen mennesker har reist lenger bort fra Jorden, enn til Månen.

Første bemannede romferd fant sted den 12. april 1961. Det var den russiske kosmonauten Jurij A. Gagarin som ble skutt opp i det sovjetiske romfartøyet Vostok 1. Ferden varte i bare 108 minutter, og gikk en gang rundt Jorden.

Siden denne første bemannede romferden har kun Sovjet/Russland, USA og Kina skutt opp egne bemannede romfartøy. Alle andre nasjoners romfarere har «haiket» med sovjetiske/russiske eller amerikanske romskip.

Følgende bemannede romfartøy har vært skutt opp: 6 Vostok, 2 Voskhod, over 100 Soyuz (Sovjet/Russland), 10 Mercury, 10 Gemini, 15 Apollo, 135 romfergeferder (USA) og 2 Shenzhou (Kina).

Romstasjoner for å bo og jobbe i Verdensrommet har ofte vært destinasjonen for bemannede romraketter, både i drømmer og virkeligheten. Første kjente publiserte ide om en romstasjon stammer fra 1870 og tidsskriftet *Atlantic Monthly*. Russeren Tsiolkovskij samt vesteuropeerne Oberth og Hohmann var blant de første som så for seg hjulformede romstasjoner, som roterte for å skape kunstig gravitasjon. Tsiolkovskij beskrev også en sylindrisk stasjon, som med rotasjon langs lengdeaksen gjorde det mulig for besetningen å gå langs innerveggene. Han foreslo dessuten et slags kosmisk drivhus, der nyttevekster kunne dyrkes for å skaffe både mat og oksygen. Nærmest en realisering av denne type romstasjon var man kanskje med von Braun sitt forslag til en romstasjon med diameter på omkring 75 meter, og en besetning på 80, men prosjektet fant aldri nok politisk støtte. Den eneste romstasjon som er operativ i dag, er den internasjonale romstasjonen, kjent som ISS².

I tillegg har følgende romstasjoner blitt skutt opp: Saljut 1-7 (Sovjet), Skylab (USA) og Mir (Sovjet/Russland).

Den kalde krigen som oppsto i kjølvannet av andre verdenskrig satte de to supermaktene USA og Sovjetunionen på en kurs med konflikt, spionasje og propaganda. Denne konflikten ga grunnlaget for en rivende utvikling av romteknologi.

De samme rakettene som kontrollert kunne sende romfartøy i jordbane og til Månen, kunne også treffe en spesifikk by med en atombombe. For politiske ledere ble utviklingen av interkontinentale rakettvåpen den viktigste motivasjon for å videreutvikle og utnytte den teknologien som først ble påtenkt for å muliggjøre fredelige reiser ut i Verdensrommet.

Det meste av romforskning og satellitteknologi støttet generelt krigen på begge fronter, og dette la grunnlaget for det som er blitt kjent som romkappløpet. Romkappløpet fungerte som et demonstrasjonsvindu, for å vise økonomisk og teknologisk framgang under egen ideologi.

² International Space Station (ISS).

Også i dag er det grunnlag for et kappløp med lignende motivasjon, og med lignende uheldige effekter på vårt globale samfunn.

Forente Nasjoner (FN) sin rolle, og den tidlige etableringen av romrelaterte traktater som en del av folkeretten, er en erkjennelse av den gjennomgripende rollen Verdensrommet har i verdenssamfunnet. Allerede i 1958, kort tid etter oppskytningen av Sputnik, bestemte FNs generalforsamling å opprette en ad hoc komité, med fokus på fredelig bruk av Verdensrommet, senere kalt COPUOS³, og i dag organisert under UNOOSA⁴. Siden da har FN gjennomført årlige undersøkelser av, og beholdt et fokus på, aktiviteter, muligheter og problemer som kan komme fra utnyttelsen og utforskningen av Verdensrommet. Saker som relaterer til militarisering av Verdensrommet adresseres av "Conference on Disarmament (CD)"⁵.

Internasjonalt samarbeid har hatt stor betydning for historien om bemannet romfart. Det første store samarbeidet skjedde mellom USA og Sovjetunionen midt på 1970-tallet, med Apollo-Soyuz Test Projektet (ASTP). Dette var den siste av Apolloferdene, og den siste for NASAs astronauter før romfergen Columbia ble operativ i 1981.

Selv om samarbeidet ga gode tekniske og vitenskapelige resultater som la grunnlaget for framtidige romfartsprogram på begge sider, var formålet med prosjektet først og fremst symbolsk for den avspenningen som begge supermaktene søkte på denne tiden. Samarbeidet ble også starten på en oppmykning av romfartskappløpet mellom de to supermaktene.

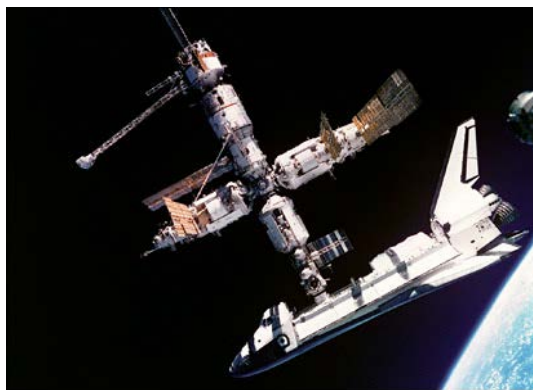
Apollo-Soyuz la også grunnlaget for Shuttle-Mir-prosjektet. Fra et teknisk og operasjonelt synspunkt var Shuttle-Mir prosjektet et krevende samarbeid mellom veldig ulike kulturer. Men med 11 romfergeanløp, og 1000 dager med amerikanske astronauter ombord Mir i tidsrommet 1994-1998, regnes samarbeidet som en suksess.

Shuttle-Mir prosjektet ble planlagt og gjennomført som første fase av det som skulle bli samarbeidet om **Den internasjonale romstasjonen** (ISS). Romstasjonen fremstår i

dag som det mest ambisiøse og utfordrende sivile, internasjonale samarbeidet i historien.

Selv om romstasjonsprogrammet har sine problemer, må det ansees som suksessfullt. Fremtidig internasjonalt og globalt samarbeid bygget på denne suksessen har et betydelig potensial til å bidra positivt til utviklingen av vårt globale samfunn.

USAs invitasjon til romstasjonssamarbeid tidlig på 90-tallet er av mange sett på som en klar utenriks- og sikkerhetspolitisk satsning av USA. Motivasjonen var å stabilisere og knytte et nytt Russland nærmere USA og Vesten. Betydningen av dette samarbeidet kan være vanskelig å kvantifisere, men blir av de fleste sett på som et avgjørende bidrag til den tilnærmingen mellom Vesten og Russland som man har sett i årene etter at Sovjetunionen kollapset.



Mir-Shuttle prosjektet la grunnlaget for dagens samarbeid mellom USA og Russland. Bilde: NASA.

Private initiativ har i flere tiår stått ansvarlig for bygging og drift av telekommunikasjonssatellitter, et marked hvor norske aktører har markert seg sterkt. Dette markedet har lagt grunnlaget for økende utvikling og konkurranse innenfor bæreraketter og romtransport. Denne utviklingen har gjort at flere private aktører har kastet blikket på bemannet romtransport som et nytt marked, hvor tjenester tilbys både nasjoner og turister.

Teknologi og forskning fikk under romkappløpet enorm oppmerksomhet, spesielt innenfor fagområder som luftfart, elektronikk og kommunikasjon, men også nye forskningsområder innen materialteknologi og medisin ble tilført mye ressurser. En frykt for å bli overgått av konkurrenter innen forskning og teknologiutvikling førte til reformer i utdanningssystemene, og en økt satsning på realfag i både USA og Sovjetunionen. Også dagens romfartsprogrammer har lignende ringvirkninger, som går langt utover raketteknologi.

³ United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS).

⁴ United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA).

⁵ CD er etablert av det internasjonale samfunnet med tanke på forhandlinger om multinasjonale nedrustningsavtaler. Konferansen er ikke formelt en FN-organisasjon, men FN er representert ved Generalsekretærens personlige representant.

1.5 Kort om historien til bemannet romfart i Norge

Norge har alltid hatt et jordnært forhold til romvirksomhet. Man har satset på å utvikle høyteknologisk industri fremfor norske astronauter, og fokusert på bruk av satellitter i jordbane, i stedet for å sende romfartøyer til fjerne planeter.

Vi har med andre ord en lang tradisjon i Norge for ikke å definere romvirksomhet som et mål i seg selv, men som et nødvendig verktøy til å nå andre overordnede, nasjonale mål. Dette har vært en fornuftig og praktisk tilnærming, men har bidratt til å ekskludere bemannet romfart fra listen over prioritert romvirksomhet.

Dette har i stor grad formet historien til bemannet romfart i Norge, og ble bakgrunn for de to springende oppfatninger som sto klart frem i beslutningen om Norges deltagelse i det amerikansk ledede romstasjonsprosjektet (Da kalt "Alpha Station").

I diskusjonene som foranlediget Norges deltagelse i romstasjonsprosjektet, var det en klar, uttalt anbefaling fra Norsk Romsenter at man ikke skulle gå inn for en deltagelse. Denne anbefalingen var grunnet i bekymring for å tappe ressurser fra arbeidet med å møte viktige og elementære samfunns- og brukerbehov samt å bygge opp norsk deltagelse i ESA sine obligatoriske vitenskapsprogram. Et annet aspekt, var at muligheten for norske aktører til å bidra på en måte som kunne gi langsiktig og strukturelle gevinster, ble vurdert som dårlig.

Når Norge, gjennom sitt ESA-medlemskap, likevel ble med i det frivillige romstasjonsprogrammet, var det ikke forventningen om nye vitenskapelige eller praktiske løsninger for samfunnet som var utslagsgivende. Det avgjørende var imidlertid en utenriks- og geopolitisk vurdering av kostnadene ved å si nei takk til amerikanerne sin invitasjon til å delta. Da også Russland ble partner i romstasjonen, åpnet det seg også for visjoner om et sivilt, teknologisk samarbeidsprosjekt, med en betydelig stabiliserende effekt på forholdet mellom Russland og Vesten.

Her ble med andre ord utenriks- og geopolitikk en tungtveiende faktor. Selv om det bak de fleste romprosjekter ligger en politisk og strategisk vurdering, var, og er, det uvanlig at et departement går imot sterke anbefalinger fra de rådende fagmiljø i forvaltningen.

Mange norske miljø har i de påfølgende år delt Norsk Romsenters innledende vurdering av bemannet romfart som en unyttig aktivitet, med utgifter til nye utgifters ervervelse. Når Norsk Romsenter i dag blir anerkjent som den sentrale aktør og arkitekt for utformingen av norsk romvirksomhet, kan man stille spørsmål ved forutsetningene som bemannet romfart har hatt for å oppfylle sitt fulle potensial.



Al Gore og Gro Harlem Brundtland har hatt mye med hverandre å gjøre opp igjennom årene, spesielt i forhold til miljøspørsmål. Det politiske forholdet mellom USA og Norge under deres felles regjeringstid ble avgjørende for den norske deltagelsen i romstasjonsprogrammet. Bildet er fra miljøkonferansen i Rio i 1992. Foto: SCANPIX.



Christer Fuglesang overrakte i 2007 et innrammet norsk flagg til utenriksminister Jonas Gahr Støre og ambassadør Knut Vollebæk ved den norske ambassaden i Washington. Det norske flagget var med da han fløy sin første tur på romfergen i desember 2006. Foto: SCANPIX.

2. Verden og Verdensrommet

Forståelse for hva som skaper og former de store strømninger i samfunnet, både det lokale og det globale, er avgjørende for å identifisere mulighetene og utfordringene som fremtiden bringer. Dette avsnittet forsøker å gi noen perspektiv på fremtiden, og hva den kan bringe for romfarten, og hvordan romfarten kan bidra til å forme fremtiden, både teknologisk, økonomisk og politisk.

Hvorfor sende mennesker ut i Verdensrommet?

For bedre å forstå utfordringene og mulighetene for bemannet romfart er det viktig å adressere det mest fundamentale spørsmålet, "Hvorfor sende mennesker ut i Verdensrommet?"

For tilhengere av bemannet romfart er svaret ofte like klart som det er uforståelig upresist for skeptikere. I kapittel 5 *Fremtidstenkning*, diskuteres dette nærmere, men fordi noen av svarene er avgjørende for å forstå romfarten sin rolle i dagens og morgendagens verdensbilde, nevner vi her tre viktige faktorer.

2.1 Perspektiver og utfordringer

Prestisje, nasjonal stolthet og demonstrasjon av teknologisk og samfunnsmessig overlegenhet er den vanligste forklaringen på den spesielle appell romfart har hatt på politiske ledere og beslutningstagere helt siden starten på den kalde krigen. Vi ser dette gang på gang etter hvert som stadig flere nasjoner når et teknologisk og økonomisk modenhetsnivå som muliggjør nasjonal romvirksomhet.

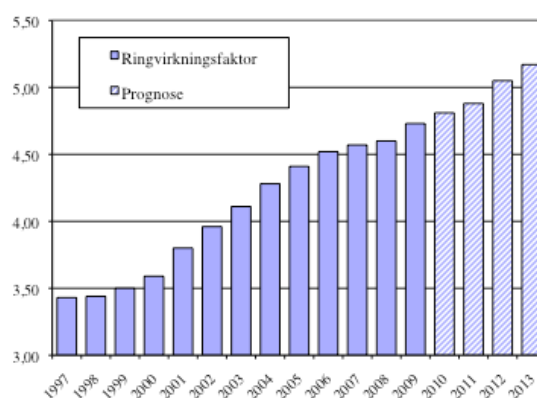
"Multiplikasjonseffekten" som investeringer i romfart har på utdanning, innovasjon og økonomien som en helhet, er bidrag til samfunnet som veier tungt. Studier viser at kun 17 % av verdiskapningen ved romvirksomhet er direkte knyttet til romindustrien, mens resterende verdiskapning skjer indirekte (47%) eller indusert (36 %). Disse aspektene diskuteres også i kapittel 3. *Norges Interesser*.

Nysgjerrighet og utforskning har vært karakteristiske trekk ved menneskehetens aktiviteter helt siden våre forfedre så sin første soloppgang.

I våre reiser, vitenskap og følelsesliv har søken etter ny opplevelse og forståelse vært grunnleggende for vår eksistens og sivilisasjon slik vi kjenner den i dag. Menneskehetens utforskning og utnyttelse av Verdensrommet er bare spørsmål om når, og hvor mange, som vil reise hvor.



Kinesisk astronaut vinker stolt med det kinesiske flagget under en romvandring i forbindelse med Kinas tredje romferd, som fant sted i september 2009. Bilde: CNSA.



Ringvirkningsfaktoren viser at hver krone det offentlige satser på norsk romvirksomhet gjennom ESA eller nasjonale følgemidler, gir en ekstra omsetning på 4,7 kroner. I tillegg kommer returkontrakter med ESA for nesten 1 krone.



"Jorden er menneskehetens krybbe, men man kan ikke leve i krybben for alltid." – Konstantin Tsjolkovsky. Det er ikke et spørsmål om vår nysgjerrighet og behov for utforskning vil bringe oss utover i Verdensrommet, men et spørsmål om når, og hvem som drar først. Illustrasjon: Bertulani Research Group, Texas A&M.

På den internasjonale scene har 2010 og 2011 vært år hvor romfart og dens fremtid har blitt tema for diskusjoner på høyt nivå, både teknisk og politisk. Som eksempel har foreslåtte endringer i NASAs romfartsprogram, sammen med helsereform og finanskrise, vært den sak som har fått mest oppmerksomhet i media og den amerikanske kongressen.

Globaliseringen stikker dypere enn politikk, og bidrar til å omforme hele samfunn. Bånd mellom steder og mennesker som tidligere ikke fantes blir for hver dag flere og sterkere. Noen steder er de blitt så mange og tette at ulike samfunnssystemer i praksis smelter sammen.

Et reelt globalt samarbeid om bemannet romfart vil tilføre verden enda et nettverk, som er med på å knytte mennesker til hverandre, på tvers av nasjoner, kulturer og religioner.

Nasjonale symboler, perspektiver og interesser, eller lokal tilhørighet, vil ikke, og bør ikke, forsvinne under globaliseringen. Det er viktig å gjøre disse kreftene til en styrke i det globale samspillet og vi må unngå at de tar en proteksjonistisk og nasjonalistisk form.

Uten konstruktiv påvirkning kan man lett se for seg et hendelsesforløp der bemannet romfart igjen blir fanget i konflikter mellom nasjoner og ideologier. Noe som vil ha negative følger for verdenssamfunnet, og for bemannet romfart i seg selv.



Den sivile romfarten utgjør et kraftig globalt nettverk, med samarbeid på tvers av landegrenser, kultur, og religion. Bilde: Studentum.dk.

Av **sikkerhetsmessige hensyn** har romfartsteknologi blitt bevart som statshemmeligheter i de siste 50 årene. Rakett- og romfartsteknologi, som er avgjørende for utforskningen av Verdensrommet, er også i dag under streng kontroll.

Likevel ser man et økende antall aktører, både nasjonale og private, som satser på utvikling av denne teknologien. Spørsmålet er om verden snart er moden for en ny måte å regulere rakett- og romfartsteknologi på.

Fremveksten av det man kan kalle "det asiatiske romkappløp", vil være betydningsfullt i årene som kommer. Kappløpet er preget av sikkerhetsinteresser, med fokus på overvåkning og raketteknologi, men også innen vitenskap ser man klare tendenser til konkurranse. Det blir ikke sett på som en tilfeldighet at Kina, India og Japan omtrent på samme tid sendte hver sin sonde til Månen. Det er sannsynlig at bemannet romfart også vil bli en del av dette kappløpet mellom Asias tigre.

Bemannet romfart er ikke "lønnsomt", og vil i overskuelig fremtid være betalt av skattebetalere, uten klare økonomiske gevinster til samfunnet. Dette er et argument som har stor betydning i diskusjonen om nytte og behov for bemannet romfart.

Samtidig er det verd å merke seg at flere av de største næringer og industrier i dag er basert på primære adferdstrekk hos oss mennesker. Turistnæring, nytelses- og næringsindustri, helse og omsorg, sport og underholdning og forsvarsindustri har røtter til vårt behov for reise, nye opplevelser, trygghet samt en natur med tilbøyelighet for konkurranse og voldsomheter. Det meste av teknologien som er fundamental for disse næringene ble først utviklet gjennom nasjonale investeringer.

At det ikke vil oppstå en lønnsom industri og næring av global størrelse knyttet til vår tiltrekning av Verdensrommets mysterier og rikdommer, kan kun forklares med at andre sider av vår natur er sterkere enn behovet for utforskning.

Fremveksten av romfart som en betydelig global næring vil uansett ikke skje uten at nasjoner tar på seg rollen som premissleverandører og oppdragsgivere.

Over tid, og med økende modning av teknologi, vil forholdet mellom offentlige og private investeringer trolig finne et forhold som ligner på andre næringer.

Romfartsvirksomhet vil med høy sannsynlighet forbli en næring hvor stater kan gjøre betydelige investeringer, uten konflikter i forhold til internasjonale avtaler om subsidiering av nasjonal industri. I en overskuddsnasjon som Norge vil en slik industri ha et spennende potensial.



Earthrise er navnet på det mest kjente bildet fra Apolloprogrammet. Et bilde som fundamentalt endret vårt syn på verden. Bilde: NASA.

Jorden er et romskip, og vi er alle en del av besetningen.

Vi har kun en verden, en blå oase i Verdensrommets uendelighet. Ingenting synliggjør dette klarere enn et bilde tatt fra Verdensrommet.

Jorden er på mange måter som et romskip hvor vi alle er en del av besetningen. Selv om mange ikke reflekterer over det, og handler som om de kun er turistpassasjerer. Men romskipet Jorden har ingen destinasjon hvor man kan gå av. Jorden er et mål i seg selv. Romfart vil fortsette å synliggjøre behovet for forståelse og bevaring av Jordens klima og natur.

Det skulle være lett å se at prinsippene som gjør klima og miljøforholdene på Jorden unik i Verdensrommet kun er skalastørrelser av de prinsippene vi må benytte i utviklingen av våre egne romskip.

Å se den sårbare Jorden gjør det samtidig vanskelig å bestride behovet for å kunne beherske kunsten med å overleve i Verdensrommet. Det ville være som å bo på en øde øy og bestride nytten av å kunne svømme og seile.

2.2 Sentrale aktører og deres interesser

Prestisje, nasjonal stolthet og konkurranse vil for mange være den nærliggende forklaringen på hvorfor bemannet romfart har hatt, og har, en spesiell appell til politiske ledere og beslutningstagere.

Selv om Apollo programmet ble dedikert til "nytte for all menneskehet", og høydepunktet blir i historien husket som "et stort skritt for menneskeheten", er det klart at de motiver og verdier som ble hyllet og knyttet til Apollo, var typiske for amerikanske interesser.

Dette kapittelet vil gi et bilde av motiver og interesser som driver investeringer i verdens romfartsprogrammer.

Motivasjon og mål for de nasjonale aktørene avsløres i stor grad ved å studere hvilke departement og ministre som har ansvar for romrelaterte aktiviteter. Raketteknologi knyttes av de fleste nasjonale aktører nært til sikkerhets- og militærinteresser. De store nasjonenes romvirksomhet kan ikke analyseres uten at man husker koblingen til ballistiske missiler og atomvåpen.

Det overordnede bildet viser at romvirksomhet generelt, og navigasjon og jordobservasjon spesielt, er sterkt motivert av mulighetene det gir til å utvikle og sikre samfunnet og nasjonale interesser. Motivasjonene for anvendt romvirksomhet og bemannet romfart er ofte ulike. Flere av de større aktørene har funnet det naturlig å dele opp myndighetsansvaret. I Norges tilfelle rapporterer Norsk Romsenter til Nærings- og Handelsdepartementet, mens Meteorologisk Institutt derimot rapporterer til Kunnskapsdepartementet.

I tillegg til de motivene nevnt ovenfor, er økonomi, industri, vitenskap, utforskning og utvikling i økende grad en motivasjonsfaktor.

Den største begrensningen for utforskning og utnyttelse av Verdensrommet er de enorme kostnadene ved å komme ut til lav jordbane. I avstand er de cirka 450 km ubetydelig, men de fysiske kreftene som trengs for å nå omløpsbane gjør det veldig utfordrende.

Det antas å være i enkelte aktørers interesse at romtransport forblir ekstremt kostbart, og, for de fleste, teknologisk komplisert. Ikke ukjent fra andre bransjer hvor teknologisk overtak gir markedsdominans og andre konkurransefordeler.

Noe unikt for romtransport er at også nasjonale anliggende hos noen statlige aktører er tjent med langsom teknologiutvikling og spredning.

Behovet for avansert raketteknologi gjør at bemannet romfart har en klar relevans for sikkerhetspolitikk knyttet til tilgangen og spredning av missilteknologi. På samme måte som med kjernekraftteknologi, dekkes militærstrategisk motivasjon hos enkelte aktører ved å henvise til legitim sivil utnyttelse. Og intensjoner om sivil utnyttelse tillegges ofte militære motivasjoner av andre.

Det nye med Obama-administrasjonens retningslinjer og forslag, synes å være fokuset på å senke denne kostnaden. Hovedsakelig ved å slippe til et bredere spekter av private aktører, og ved å utvikle ny teknologi i NASA.

Det er viktig å understreke hovedfokuset på bemannet romfart i denne rapporten. Selv om det på flere steder refereres til romvirksomhet generelt, sikkerhets- og eksportpolicy, er det ikke rombaserte systemer med direkte relevans for militær-, sikkerhets- og miljøpolitiske interesser som er tema her. For disse tegner det seg et mer komplekst bilde av aktører, deres allianser og interesser.

Mye av tankegangen presentert i dette kapittelet om ulike aktører og deres rasjonale for bemannet romfart, er inspirert av en rapport fra "American Academy of Arts and Sciences"¹ utgitt i 2009.



Enorme krefter trengs for å unnslippe Jordens gravitasjon. ESAs Ariane-5 er en av verdens kraftigste bæreraketter. Bilde: ESA.

2.3 USA

USA er med sine cirka 17 milliarder årlige dollar til NASA den suverent største aktøren innen sivil romvirksomhet. I tillegg brukes omtrent den samme summen til militær romvirksomhet. Litt over halvparten av NASAs budsjett går til bemannet romfart, hovedsakelig romferge og romstasjon, men i de siste årene har også en betydelig del gått til Constellationprogrammet⁶.

Økonomiske realiteter gjør at man ikke uten videre kan sammenligne med budsjettene til India, Kina og Russland, som har mye lavere lønns- og kostnadsnivå. Men økonomisk sett vil USA forbli den største bidragsyteren til romvirksomhet generelt, og bemannet romfart spesielt, også i de kommende 10-årene.

Om USA på lang sikt vil forbli en premissleverandør for bemannet romfart på samme måte som i dag, er derimot usikkert. USA og NASAs posisjon er fremfor noe bestemt av politiske og økonomiske prioriteringer. Teknologisk og kapasitetsmessig ville NASA og amerikansk romfartsindustri vært i stand til å gjennomføre alle prosjekter innen bemannet romfart, som i dag står på dagsordenen, i løpet av de neste 15-20 år.

Amerikanske styresmakter og NASA sto i 2010 og 2011 ovenfor flere valg som vil være avgjørende for USA sin rolle innen romfart. Skjebnen til romstasjonen, romfergen og Constellation skulle bestemmes.

Ved en videreføring av Bush-administrasjonens politikk skulle romstasjon og romferge utfases i henholdsvis 2015 og 2010.

Augustinrapportenⁱⁱ vurderte det seks år gamle Constellationprogrammet som så forsinket og underbudsjettet at det ikke ville nå målene som var satt. Rapporten åpnet derimot for flere alternativer. Obama-administrasjonen gikk tidlig i 2010 ut og skisserte en plan for NASA som lignet mye på det som Augustinrapporten omtaler som "the flexible path".

Disse planene førte til en splittelse i USA og NASA. Kongressen klarte ikke å fullføre behandlingen av den nye rompolitikken høsten 2010, men gjorde et midlertidig vedtak, som i praksis terminerer Constellationprogrammet.

Ved inngangen til 2011 er den lovlig vedtatte romfartspolitikken i USA, formelt sett, fortsatt

den som ble vedtatt under Bush Jr.-administrasjonen, kjent som "Vision for Space Exploration". En skrinlegging av denne visjonen og de tilhørende programmer, da spesielt "Constellation", kan kun gjøres av kongressen.

Hvilken romfartspolitik USA vil føre i de kommende 10-årene, og hva de langsiktige konsekvensene for bemannet romfart vil bli, er derfor til dels uklart. Noen klare signaler finner man likevel. Den nye amerikanske nasjonale romfartspolitikken⁷ ble publisert i juni 2010. Ved å studere denne, og de tradisjonelle motivene for USAs romfartsaktivitet, kan man gjøre noen antagelser.

Obamas utenrikspolitiske linje om "en ny vei videre basert på gjensidig interesse og respekt" kan også gjenkjennes i romfartspolitikken.

To aspekter ved de nye retningslinjene til Obama-administrasjonen skiller seg fra forgjengerne og tradisjonell amerikansk romfartspolitik, og har potensial til å få stor betydning.

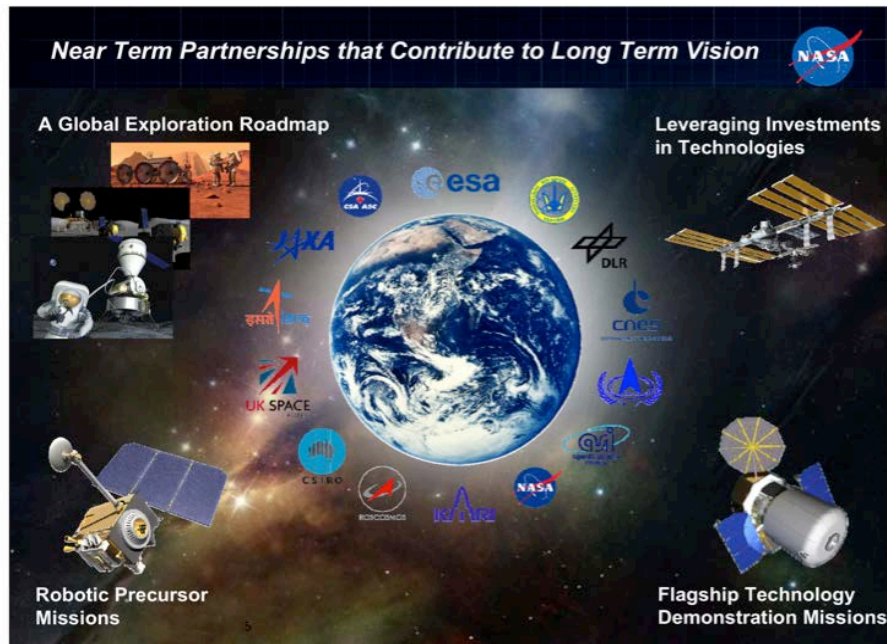
- En endring av dagens USA-sentrerte multinasjonalisme (romstasjonen) og unilaterale (Constellation) programmer til fordel for mer bilateralt og globalt samarbeid. Internasjonalt samarbeid er en klar gjennomgangstone i den nye rompolitikken.

- En endring av doktrinen hvor romfart må være målbasert, med en bestemt destinasjon og under nasjonal ledelse, til en doktrine hvor utvikling og tilgangen på ny og bedre teknologi vil åpne for en multidestinasjon, multiaktør tilnærming, med mål om å utvide Jordens økonomiske sfære til Månen, Mars og videre.

Dette synes å være en tilpassing til en verden som i de neste 10-20 årene i økende grad vil være multipolar, med flere nye store aktører, som vil kreve legitimitet, som likeverdige samarbeidspartnere.

⁶ NASAs program for å returnere mennesker til Månen.

⁷ National Space Policy of the United States of America, June 28, 2010.



Illustrasjon fra NASA presentert i Berlin 2010, som viser deres ønske om et globalt samarbeid.

Det er vanskelig å se noen fordeler for USA i et nytt kappløp, med for eksempel Kina, til Månen eller Mars. Det synes å være i USA sin interesse at kortene for en global fellessatsning på bemannet utforskning av solsystemet legges mens man enda er den klart største aktøren.

Hovedmotivasjonen for at USA og NASA søker en kommersialisering av romtransport synes å være ønsket om å senke kostnadene for tilgang til lav jordbane. Uten en bedre og billigere tilgang til jordbane vil omfattende og robust utforskning og utnyttelse av Verdensrommet kun forbli en visjon. Det blir spennende å se hvordan man lykkes med å etablere flere aktører innen romtransport, og om innovasjon, teknologi og konkurransesituasjon hos nye private entreprenører klarer å redusere kostnadene.

USA antas å være den aktøren som har best utviklet anti-missilssystemer. Det blir spennende å følge hvordan dette vil påvirke USAs holdning til de sikkerhetspolitiske aspektene ved kommersialisering av raketteknologien.

Obama administrasjonen har allerede startet en gjennomgang av amerikansk eksportkontroll, inkludert ITAR⁸, for å se hvordan amerikansk industri kan få bedre konkurransebetingelser. Amerikansk eksportkontroll gjør at mange romfartskontrakter går til europeiske og russiske firma. Selv om denne lettelsen på eksportreguleringene er et steg i riktig retning, forventes det ikke betydelige endringer i eksport og kontroll av raketteknologi.

⁸ International Traffic in Arms Regulations (ITAR).

På samme måte som romstasjonsprogrammet ble brukt til å inkludere og stabilisere Russland etter sammenbruddet av Sovjetunionen, kan romfart og utforskning også i dag brukes til å engasjere og inkludere andre stater fra å følge mer "destruktive" veier. Et avgjørende aspekt for å invitere Russland til samarbeid om romstasjonsprosjektet, var å engasjere russisk romrelatert industri, og hindre salg og spredning av sensitiv teknologi.

Som eksempel ble ingen russiske firma som jobbet i romstasjonsprogrammet omfattet av USA sin boikott av flere russiske firma i forbindelse med "Irans ikkespredningsakt"ⁱⁱⁱ fra 2003.

Faktorer som å inspirere ungdom til naturvitenskaplige, matematiske og teknologiske karrierer samt ringvirkninger for industri og økonomi, er også viktige motiver for NASAs bemannede romfartsprogram.

Mange ser en klar trend i USA, der de mest begavede og ressurssterke ungdommene søker karriere innen næringer som finans, underholdning og sport. For et land som ble bygd på ryggen til ingeniørene med inspirasjon og erfaring fra andre verdenskrig og Apolloprogrammet, må det være en bekymringsfull utvikling.

Effektene av NASAs aktivitet på amerikansk økonomi har vært tema for sterke meninger, og flere studier viser forskjellige resultater. En artikkel trykket i Nature i 1992 omtalte en økonomisk analyse av NASA-budsjettets betydning for den Amerikanske økonomien^{iv}.

Konklusjonene var meget velkomne hos NASAs forkjempere og entusiaster.

Aller viktigst for USAs satsning på romfart og utforskning vil likevel ønsket og behovet om å opprettholde et bilde av USA som en av verdens største og visjonære nasjoner være.

2.4 Europa

I Europa har det i løpet av 2010 pågått en hektisk dialog i ESA, EU og medlemslandene om hva fremtidens romfartsaktiviteter skal være, og hvordan ansvars- og arbeidsfordelingen mellom de ulike aktørene skal være. Mange av utfordringen og diskusjonene er typisk for det europeiske samarbeidet, og gjenkjennelig fra tidligere europeiske prosesser.

Den samlede offentlige investeringen i romvirksomhet i Europa utgjør cirka 7 milliarder euro, og gir Europa en klar andreplass for investeringer i romvirksomhet. Militær romvirksomhet utgjør cirka 20 % av all offentlig romvirksomhet i Europa.

Europa trenger en ny politisk dimensjon for sin satsning på romfart og utforskning.

Hovedutfordringen for Europa er å fremstå som en koordinert aktør, som har myndighet og mulighet til å forhandle som en fullverdig partner med internasjonale aktører.

Med andre ord; Europa trenger en politisk dimensjon. Beslutninger om å satse betydelig på utforskning, og da spesielt bemannet utforskning, må tas på høyeste politiske nivå. Selv om det kan synliggjøres mange positive effekter i samfunn og økonomi av bemannet romfart, kan ikke utforskningen av Verdensrommet finansieres på bekostning av grunnforskning og tjenester til befolkningen, som utgjør primæroppgavene for ESA og EU.

I en tid med økonomisk tilbakegang i Europa, betyr dette en prioritering som kun kan gjøres på høyeste nivå. Det synes klart at ESAs medlemsland, per tid, ikke vil bidra med mer penger til utforskning og utnyttelse av Verdensrommet enn det som trengs for å videreføre ExoMars og romstasjonen. Det betyr at nye bevilgninger må gjøres. Bevilgninger som

må komme gjennom EU eller nasjonale satsninger. En bedre koordinering av nasjonale aktiviteter kan også gi økt fremdrift for noen deler av europeisk romfart og utforskning.

Utforskningen av Verdensrommet har i dag ingen kjent slutt, den har en uendelig og åpen ende, dette er også en grunn til å forankre beslutninger til den høyeste myndighet valgt av befolkningen.

I tillegg til fragmentert nasjonal satsning, er ESAs budsjetter delt opp i obligatoriske og frivillige programmer. Dette, og en industripolitikk med "geo-retur prinsipp"⁹, gjør europeisk romfart til en komplisert kompromissbasert virksomhet. Samtidig er det klart at uten disse mekanismene ville en felles europeisk romfartspolitik, eller ESA, ikke eksistere i dag. Dette gjør det også utfordrende å beskrive interessene i det europeiske romfartsmiljøet. Europa fremstår per i dag ikke som en nasjon, og man kan vanskelig omtale ESA på samme måte som NASA og andre store romfartsaktører.

Uten frivillige programmer og geo-retur ville dagens europeiske romfartspolitik ikke eksistert.

ESA reflekterer ikke en europeisk politikk på samme måte som NASA og CNSA reflekterer en amerikansk og kinesisk politikk. De fleste politiske beslutningene som er viktige for romfart tas fortsatt på nasjonalt nivå i Europa, ikke i EU.

Dette gir også bakteppet for Europas motiver for bemannet romfart. ESAs politikk i forhold til nytte og ringvirkninger av investeringer i romfart har frem til i dag sjelden omfattet prestisje og image som objektiv ved romfart. Fokus har vært på internasjonalt samarbeid, vitenskap og utvikling av konkurransedyktig industri.

Med EUs inntreden på romarenaen kommer muligheten for økt felleseuropeisk argumentasjon.

⁹ Prinsipp i ESA-deklarasjonen om at medlemsland har krav på et minimum (90 %) av innbetalingene skal gis i oppdrag til egen industri og forskning.

Det er interessant å registrere at de frivillige programmene knyttet til bemannet romfart, utforskning og mikrogravitasjon utgjør cirka 17 % (2009) av ESA sitt totale budsjett. Kun jordobservasjon og bæreraketter oppnår tilsvarende interesse og bevilgninger. Aktivitetene knyttet til bæreraketter, som utgjør cirka 18 % av ESAs budsjett, er for mange også tett knyttet til utforskningen og utnyttelsen av rommet, inkludert bemannet romfart.

Europeiske ambisjoner omfatter også ambisiøse planer for utforskning og bemannede ferder til Månen, og etablering av infrastruktur i lav jordbane for støtteferder til Mars og for å erstatte romstasjonen etter endt levetid.

Europeiske ambisjoner for fremtiden omfatter:

- 2015-20 Utnyttelse av romstasjonen og gjennomførelser av ATV¹⁰-flyvninger.
- 2015 Første testflyvninger med ARV¹¹.
- 2016-20 Sende roboter og sonder til Mars.
- 2020 Første bemannede ferder basert på en videreutvikling av ARV-konseptet.
- 2020-25 Returnere prøver fra Mars.
- 2030-35 Første bemannede ferd til Mars (Internasjonalt samarbeid).

Med den nåværende økonomiske situasjonen i Europa synes det klart av at det ikke vil være bevilgninger for alle disse planene. Det blir spennende å se hvilke programmer som oppnår politisk støtte ved ESA-ministerkonferansen i 2012. Størrelsen på bevilgninger over EU-budsjettet vil som nevnt også være avgjørende.

Flere Europeiske programmer og samarbeidsinitiativ for å utvikle bemannede romfartøyer har sett dagens lys, men ikke resultert i operative systemer. Hovedsaklig på grunn av økonomiske årsaker. Også i dag synes det å være en sterk vilje i Europa til å utvikle egen teknologi og kapasitet for bemannet transport til lav jordbane.

Hovedargumentet til kritikerne er også i dag økonomi. Det er viktig for Europa og ESA å unngå en lignende situasjon som NASA, hvor man over lang tid "vil for mye med for lite". Utviklingen av egen kapasitet for bemannede oppskytninger vil derfor fortsette å være et stridstema i Europa.

Flere nasjoner vil ha egeninteresse, både industri- og sikkerhetspolitisk, i utviklingen av

et slikt system. Andre vil hevde at dette vil gjøre ESA til en mindre attraktiv partner i internasjonalt samarbeid om ekspedisjoner og baser på Månen og Mars.

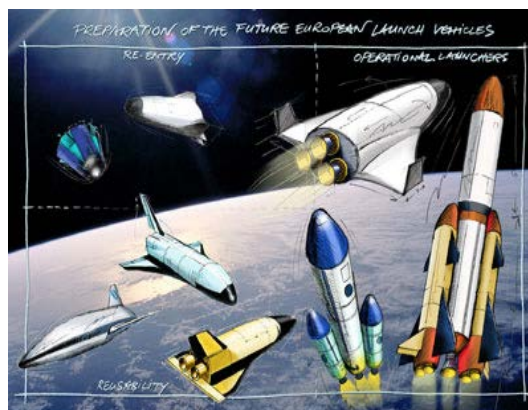
ESA synes selv å ønske en utvikling av teknologi og systemer som vil være komplementære til teknologi og kapasiteter som de internasjonale samarbeidspartnerne besitter.



Galileo og GMES har vært EUs store satsninger i rommet de siste årene. Bemannet romfart og utforskning er av mange forventet som den neste store romsatsningen fra EU. Bilde: Reuters.



Dagens balanse mellom nasjonene, ESA og EU gir et meget komplisert politisk landskap. Illustrasjon: Managersonline.nl.



Diskusjoner om fremtidig satsning på nye systemer for romtransport vil prege europeisk romfartspolitik de nærmeste årene. Illustrasjon: ESA.

¹⁰ Automated Transfer Vehicle (ATV).

¹¹ Advanced Re-entry Vehicle (ARV).

En serie av EU-ESA-workshops som ble arrangert i 2010 gir en god oppsummering av tema som har felles europeisk interesse; forskning og utdanning, utforskning og innovasjon og industrielle og teknologiske fremskritt.

De nasjonale og Europeiske spørsmål og svar til hvordan disse interessene best kan møtes av bemannet romfart er hovedsakelig ikke nye. Men interessen og betydningen som er tillagt noen av dem, er av ny dato.

En av disse, er diskusjonen om hvordan et europeisk astronautkorps, engasjert i en felles europeisk utforskning av Verdensrommet, kan bidra til å samle og bygge følelsen av et europeisk fellesskap og samhold. Europeiske astronauter med EU-flagget på brystet vil være et viktig symbol for EUs fremvekst.

Europa har et sterkt ønske om å fremstå som en likeverdig partner i samarbeidet med andre store romfartsaktører. Men manglende verktøy og vilje til å skape en felles europeisk plattform, og ettervirkningene av finanskrisen, vil gjøre dette til et ambisiøst mål.

2.5 Russland

Russlands arv etter Sovjetunionens ambisiøse romfartsprogrammer har gitt mange fordeler. Men det gjør også at Russland sliter med en omfattende og nedslitt infrastruktur. Arven fra Sovjetunionen gjør også at forventningene til nye prestasjoner er høye, både politisk og hos befolkningen.

Selv om Russland ofte blir fremstilt som den fattige partneren i romstasjonssamarbeidet, er det ingen tvil om at Roscosmos¹² og russisk romfartsindustri i dag har like stor betydning for bemannet romfart som den amerikanske og europeiske.

Tall fra 2007 viser at Russlands investeringer i sivil romfart var kun 7 % av investeringene gjort av USA. Når man ser hvilke kapasiteter og muligheter Russland likevel har, så får de i global sammenheng mye igjen for investeringene, spesielt når cirka 1/3 av det russiske, føderale rombudsjettet kommer fra salg av seter på Soyuz-ferder og kommersielle rakettoppskytninger.

Til tross for denne jevnbyrdighet som USA og Russland har i form av kapasitet, lider utsiktene til fremtidig samarbeid under en russisk oppfatning om at Russland vil få en underordnet rolle som transportleverandør, mens USA bruker ressurser til å utvikle morgendagens raketteknologi. Dette er en av grunnene til forventningene om at USA i de nærmeste årene ville måtte betale en økende pris for seter på Soyuz-ferder.

Russiske aktører kritiserer også den russiske romindustrien for å prioritere rask profitt ved salg til utlandet, fremfor å tjene nasjonale interesser. Noen kritiske røster i russisk media oppgir romstasjonssamarbeidet som hovedårsak til at landet avsluttet Mir-projektet, mistet monopolet på langtids opphold i rommet, og nedprioriteringen av nye rakettssystemer og romfartøy. Romstasjonssamarbeidet er også kritisert for å ikke gi russisk forskning nok muligheter og resultater.

Slik dagens politiske klima er i Russland, antar man at oppfatningen i befolkningen og media har relativt liten innflytelse på regjeringens beslutninger i forhold til romfart. Da er lobbyvirksomheten fra toppledere innen russisk romfartsindustri for å videreføre USA-Russlandsamarbeidet antatt å ha større betydning.

Selv om Roscosmos og russiske myndigheter omtaler de økonomiske fordelene av romfarten som viktig, synes det klart at hovedmotivasjonen for de omfattende og relativt kostbare romfartsaktivitetene er knyttet til nasjonal prestisje og bygging og bevaring av internasjonale partnerskap.

Dette kommer til syne i Russlands følsomhet for endringer i balansen mellom sine internasjonale partnere. Et eksempel på dette er de sterke reaksjonene som kom på da USA i 2006 kom med en oppdatert nasjonal rompolitikk. Denne nye tilnærmingen fra USA ser ut til å ha økt den russiske tvilen på amerikanernes intensjoner for samarbeid, og forsterket det russiske behovet for å prioritere nasjonal sikkerhet i sin rompolitikk.

I de kommende årene vil det bli spennende å se hvordan politikken som føres av Obama-administrasjonen om internasjonalt og globalt samarbeid, i både romfart og ellers, vil påvirke Russlands samarbeid med sine internasjonale partnere.

¹² Også kjent som Russian Federal Space Agency (RSA).

Forholdet mellom Russland og Europa er i stor grad preget av Russlands "storebror"-holdning til samarbeid samt Europa sine utfordringer med å framstå som en koordinert partner. Russland har en rekke bilaterale samarbeid med europeiske land, som bidrar til en fragmentering av europeiske romfartsaktiviteter. Man skal ikke utelukke at dette er i Russlands interesse. Et koordinert Europa vil utgjøre en mer krevende samarbeidspartner for Russland.

Både Russland og Kina synes å ha store felles interesser i stabilisering og utvikling av Sentral-Asia. Flere toppmøter med invitasjon til nasjonene i regionen har blitt arrangert de siste årene. Et spennende aspekt i forholdet mellom Russland og Kina, er invitasjonen og deltagelsen av en kinesisk deltager i MARS500¹³ prosjektet.

Hvordan utviklingen av forholdet mellom Russland og Kina kan påvirke samarbeid og utvikling av bemannet romfart, følges med interesse av flere aktører.

Russland uttalte ambisjoner for fremtiden omfatter:

- 2015 Ferdigstilling av den russiske delen av romstasjonen.
- 2021-26 Post romstasjon infrastruktur i lav jordbane for å støtte ferd til Månen/Mars.
- 2025 Menneske på Månen.
- 2027-32 Oppbygging av en månebase.
- 2036-40 Bemannet ferd til Mars.

Industriutvikling og internasjonale forbindelser vil sannsynligvis være Russlands viktigste motiver for fortsatt satsning på sivil romfart. Man vil trolig fortsatt se en tendens til å koble salg fra russisk forsvarsindustri til romfartsaktiviteter.

2.6 Kina

Kinas ambisiøse program for bemannede romferder ble satt i gang i 1992, og allerede i 2003 sendte de sin første mann ut i rommet. Kinas samlede rombudsjett er verdens fjerde største etter USA, Europa og Japan, men på samme måte som Russland klarer kineserne å få mye aktivitet ut av budsjettene sine. I motsetning til Europa og India er kineserne lite avhengig av utenlandske komponenter og teknologi for sine romfartsprogram.

¹³ Russisk-Europeisk samarbeid som simulerer romferder til Mars. MARS500 vil starte i løpet av 2010, og vare i 520 dager.

Offentlige uttalelser fra kinesiske myndigheter rangerer motivene for romfartsprogrammene med vitenskapelige oppdagelser, økonomiske fordeler, nasjonal sikkerhet og nasjonal prestisje og geopolitikk, i denne rekkefølgen. De fleste amerikanske kommentatorer mener likevel at rekkefølgen egentlig er omvendt. Uansett er det klart at Kina sine vellykkede romferder, forsterket av OL¹⁴, har resultert i en eksplosjon av entusiastiske og stolte nasjonale følelser.

Undersøkelser viste at 86 % av kinesere er fornøyd med landets styring^v, og 69 % av alle innbyggere i Shanghai fulgte livesendingen^{vi} fra oppskytingen av Shenzhou¹⁵ VI i 2005. Den symbolske betydningen av romfart og utforskningen av Verdensrommet kan antas å stå mye sterkere i Kina enn i USA og andre store romfartsnasjoner.

Selv om kinesiske ledere oppriktig mener at romfart først og fremst må gjøres for å "utnytte det ytre rom for fredelige hensikter, fremme den menneskelig sivilisasjon og sosial fremgang for hele menneskeheten, er det klart at romprogrammet er et viktig symbol på Kinas økende globale status, teknologiske ekspertise og sosiale suksess.

At Kina har både økonomi og teknologi til å utgjøre en betydelig forskjell på den globale romfartsarena, er det få som bestrider. Derimot er det usikkert hvilke aktiviteter Kina velger for å synliggjøre sin status og ambisjoner som en voksende supermakt. I januar 2007 demonstrerte Kina sin evne til å skyte i stykker satellitter i jordbane.



Dagens kinesiske bemannede romprogram ble vedtatt i 1992. I løpet av 2008 hadde Kina gjennomført tre bemannede romferder. Bildet er fra 2008 da to av de tre astronautene ombord på romfartøyet foretok en romvandring. Bilde: CNSA.

¹⁴ Olympiske Leker i Beijing 2008.

¹⁵ Kinesisk romfartøy utviklet for å transportere mennesker til lav jordbane.

At Kina i stedet velger å bruke en stor del av sine nyvunne krefter på andre arenaer er ikke utenkelig. Man ser allerede tegn på oppbygging av militær kapasitet, og økt tilstedeværelse flere steder i verden.

USA og Kina har på grunn av usikkerhet og mistro rundt motpartens politiske og militære hensikter med sine romfartsprogrammer, hatt lite og intet samarbeid. USA har delvis forsøkt å isolere Kina fra internasjonalt romfartssamarbeid, dog uten betydelig effekt på det kinesiske romprogrammet.

Kina sine planer de kommende år omfatter:

- 2010-15 Eget minilaboratorium i lav jordbane og fire bemannede ferder med Shenzhou-fartøy.
- 2013 Månelanding med rover.
- 2013-15 Ny medium - tung bærerakett.
- 2017 Månelanding med retur av måneprøver.
- 2020 Nytt og større laboratorium i lav jordbane.

Det spekuleres også om Kina har planer om en bemannet måneferd rundt 2020. Det er grunn til å tro at kinesiske aktiviteter etter 2020 avhenger mye av hvor fort de modnes som en vellykket romfartsnasjon. Invitasjoner til internasjonalt samarbeid kan komme når Kina anerkjennes, av seg selv og andre, som en likeverdig partner til USA og Russland.

Et slikt sivil romfartssamarbeid, som inkluderer alle partnere i romstasjonsprogrammet, vil kunne få stor betydning for fremtidens globale politiske og teknologiske utvikling.

En utvikling i motsatt retning, mot et nytt rom- og våpenkappløp mellom øst og vest, synes lite ønskelig.

Initiativ og handlingsmønster fra USA, Russland og India, men også Europa, som inviterer og påvirker Kina til å bruke ressurser på et sivil romfartsprogram, helst innenfor et globalt samarbeid, vil være i mange sin interesse, ikke minst i Norges.

2.7 India

India har siden 2006 utformet et ambisiøst romfartsprogram, som har overrasket mange. Så sent som i 2003, i forkant av Kina sin første bemannede oppskytning, uttalte lederen for ISRO¹⁶ at India ikke hadde noen interesse innen bemannet romfart. Tradisjonelt har indiske prioriteringer hatt fokus på ambisiøse, nasjonale program, rettet mot praktiske anvendelser innen jordobservasjon og navigasjon. Anvendelser nødvendig for å utvikle og sikre det indiske samfunnet.

I tillegg til den bemannede delen av romfartsprogrammene som planlegges, har India også ambisiøse mål for utforskningen av rommet med sonder og roboter.

Uttalelser fra ISRO relatert til nasjonal prestisje og politikk tilhører sjeldenhetene, men de fleste kommentatorer tolker India sine motiver som sterkt knyttet til nettopp den nasjonale image og prestisje. Et image som er passende for en fremvoksende global økonomi. Offisielle uttalelser fra ISRO vektlegger en rekke grunner for endringen i holdning til romfart. Noen av dem er; at bemannede ekspedisjoner vil være avgjørende for planetær utforskning, behov for uavhengighet fra andre store romfartsnasjoner, å legge til rette for utvinning av mineraler på Månen for energiproduksjon og teknologisk utvikling og spin-off til fordel for indisk industri.

En økende konkurranse, med Kina og Japan som hovedmotstandere, om å tiltrekke seg globale investorer og høste av Asias fremvekst som sentrum for det 21-århundrets vekst og utvikling, synes å være en av de viktigere årsakene for det økte fokus på nasjonal image og prestisje. På samme måte som Kina, ønsker man å endre stereotype oppfatninger av India som leverandører av billige forbruksvarer og servicetjenester.

ISRO disponerer en omfattende mengde infrastruktur som inneholder to typer bæreraketter, hvor den kraftigste per i dag er avhengig av russiskproduserte, kryogeniske trinn.

¹⁶ Indian Space Research Organisation (ISRO).



India har med sine ambisiøse romfartsprogram blitt lagt merke til av andre store romfartsnasjoner, og fremstår som en interessant og seriøs samarbeidspartner.
Bilde: ISRO.

Russland og India har en lang historie for samarbeid om raketteknologi. Mer nylig og planlagt samarbeid omfatter blant annet en plattform og rover for India sin Chandrayaan-2¹⁷-månelander, å fly to indiske astronauter til romstasjonen om bord på Soyuz og mulighetene for samarbeid om neste generasjon romfartøy, tenkt å erstatte Russlands Soyuz.

India får veldig mye igjen for budsjettene som brukes. En av grunnene er at en indisk ingeniør i gjennomsnitt koster cirka 1/8 av en amerikansk eller europeisk ingeniør. Dette gir indisk romindustri et stort konkurransefortrinn ovenfor romindustri i den vestlige verden. Samtidig har India, med sitt engelskspråklige utdannelsessystem, en fordel ovenfor Kina og Russland når det gjelder internasjonalt samarbeid samt å tiltrekke seg utenlandske bedrifter og forskere.

Samarbeidsavtalen om kjernekraft som ble signert mellom USA og India i 2008 letter også generelt på restriksjoner for India sitt romfartssamarbeid med vestlige nasjoner.

India sine planer for de kommende år omfatter:

- 2010-11 Teste, og sette i operasjonell drift, sitt egenutviklede kryogeniske rakettrinn.
- 2013 Oppskytning av Chandrayaan-2
- 2015-20 Utvikle sitt eget fartøy for bemannede ferder til lav jordbane.

De store indiske ambisjonene innen romfart har generelt bred støtte i befolkningen og hos innflytelsesrike grupperinger innen ISRO. Men i India, mer enn andre steder, er det sterke argumenter og større behov for romvirksomhet som bidrar mer direkte til utviklingen av indisk økonomi og samfunn.

Mest avgjørende for Indias fremtidige sivile romfartsaktivitet, synes å være en fortsatt vekst i Indias økonomi, og utviklingen i det militære og politiske spenningsforholdet til Pakistan og Kina.

2.8 Andre aktører

Japan er på samme måte som ESA en av hovedaktørene i romstasjonsprogrammet, men som selv ikke har egen kapasitet for bemannede oppskytninger.

Det er flere likheter mellom ESA og JAXA¹⁸ sin rolle i romstasjonsprogrammet. Bidragene med ubemannet forsyningsfartøy og forskningsmoduler gir de to partnerne en noe annen rolle enn NASA og RSA.

Historisk har diskusjonene rundt motivasjonen for Japans romfartsaktiviteter unngått tema som prestisje og image. Argumentene er fokusert på stimulering og styrking av vitenskapelig, sosial og industriell konkurransedyktighet.

I likhet med de kinesiske yuhangyuan¹⁹, har japanske astronauter en status som nasjonale helter, og romfart nyter generelt god oppmerksomhet og støtte i det japanske samfunnet.

Den økonomiske tilbakegangen og demografiske utfordringer i Japan, samt fremveksten av Kina som den nye store tigreren i Asia, gjør at alle større offentlige investeringer gjennomgår grundige undersøkelser og vurderinger.

¹⁷ Chandrayaan-1 ble skutt opp av ISRO i oktober 2008, og var i drift frem til august 2009. Et vellykket prestisjeprosjekt for India, med norsk deltakelse.

¹⁸ Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA).

¹⁹ I det kinesiske språket omtales astronautene som "yühángyuán", som betyr personell som seiler i Verdensrommet.

Japans romfartsprogrammer er ikke noe unntak. Japan har et meget ambisiøst program innen jordobservasjon, både for miljø/klimamål og for nasjonale sikkerhetsmål.

I 2005, før den globale økonomiske krisen slo til for alvor, presenterte "JAXA 2025 Vision" en omfattende plan for Japan frem mot 2025. Visjonen inkluderer planer for bemannede romfartøy, ekspedisjoner til Månen og etablering av en månebase rundt 2030. Programmene skal bygge på erfaringer med Kibo og HTV.

Japan planlegger, og deltar med, flere spennende romfartøy, som skal bidra til utforskningen av solsystemet. Hayabusa-1²⁰, Venus Climate Orbiter²¹ og Planet-C, BepiColombo og Hayabusa-2 er noen av disse.

Japan er forventet å fortsette å være en av de viktigste internasjonale partnerne i fremtidens utforskning og utnyttelse av Verdensrommet. Omfanget vil avgjøres av politiske prioriteringer, som må gjøres i forhold til det "asiatiske romfartskappløpet" og dets betydning for den japanske økonomien.

Få andre steder vil verdien av romfart, som image og i reelle konkurransefortrinn for samfunnet, bli mer kynisk vurdert enn i Japan.

En fortsatt kraftig satsning på romfart og utforskning i Japan vil fremstå som et bevis på betydningen, og de positive effektene av denne type aktiviteter, for utvikling av både økonomi og samfunn.

Canada var det tredje landet i verden med en astronaut i Verdensrommet, og er et av landene som har flydd flest astronauter i Verdensrommet.

I tillegg til et omfattende astronautkorps, er Canadarm²² det mest kjente Canadiske bidraget til romstasjonsprogrammet. Canadarm-1 sitter på Romfergen og Canadarm-2 sitter på romstasjonen.

Canada har, i motsetning til ESA, India og Japan, ingen planer om å utvikle egen kapasitet for bemannede oppskytninger.

Canadas relativt høye aktivitetsnivå innen romfart er muliggjort via flere formelle og

uformelle partnerskap, samarbeidsprogram og avtaler med de fleste større romfartsorganisasjonene.

Siden 1979 har Canada og Europa hatt et nært samarbeid, og Canada betaler i likhet med andre medlemsland kontingent til ESA for å få delta i utforming og utvikling av europeiske prosjekter. Avtalen sikrer Canada rettigheter og representanter i ESAs programstyrer, og oppdrag til canadisk industri etter geo-retur prinsippet. Flere canadiere jobber også i ESA, som ansatte ved ulike ESA-sentre, de fleste ved ESTEC. Avtalen ble i 2010 fornyet for 10 nye år.

CSA²³ har en status som tilsvarer et departement under regjeringen, men rapporterer direkte til parlamentet via industriministeren.

Med ferdigstilling av Radarsat 2, og oppfylte forpliktelser i romstasjonsprogrammet, befant CSA og canadisk romindustri seg i 2008 uten noe større romrelaterte prosjekt.

Som et svar på dette startet man i 2008 med utviklingen av tre nye jordobservasjonssatellitter og satte av budsjett til design av måne/marssonder og rovere. Man startet også arbeidet med en langtidsplan for romvirksomhet som ved utgangen av 2010 enda ikke er ferdig.

Mange kritikere mener at Canada i dag befinner seg uten en overordnet politikk og plan for bevilgningene til CSA på cirka C\$ 350 millioner i året.

Canada har store utilgjengelige landområder og sårbar natur, hvor det finnes klare gevinster for en fortsatt satsning på jordobservasjon og navigasjon, for å sikre og utvikle canadisk natur og samfunn.

Samtidig har Canada en lang og stolt tradisjon som viktig samarbeidspartner innen bemannet romfart og utforskning av Verdensrommet. Med en regjering som generelt synes å ha en kjølig holdning til romvirksomhet, er det vanskelig å spå hvilke prioriteringer Canada vil gjøre for fremtidig involvering i den bemannede utforskning og utnyttelse av Verdensrommet.

En fortsatt økning i satsningen på romfart i Canada vil bidra til å understreke den internasjonale, geopolitiske betydningen som bemannede utforskningen av Verdensrommet har i dagens globale samfunn.

²⁰ Hayabusa-1 ble skutt opp i 2003, og forventes tilbake i 2010 med prøver fra en asteroide.

²¹ Venus Climate Orbiter (VCO) ble skutt opp i 2010.

²² Canadarm utgjør kjernen i et canadisk utviklet robotsystem for oppgaver i Verdensrommet.

²³ Canadian Space Agency (CSA).

Brasil er på samme måte som Kina og India et land med stort økonomisk vekstpotensial, og som antas å øke sine investeringer innen romvirksomhet i fremtiden. Landet har allerede en lang erfaring relatert til rakett- og satellitteknologi. Allerede i 1965 ble det første skytefeltet for sonderaketter grunnlagt.

Brasil har lang historie for samarbeid med både NASA og det amerikanske flyvåpenet. Dagens sivile romorganisasjon, AEB²⁴, ble opprettet i 1994, da man bestemte å overføre hovedansvaret for landets romprogram fra det militære til det sivile.

Overføringen ble sett på som et svar på USAs begrensninger på teknologioverføring til Brasil, etter kritikk om sammenblanding av sivil og militær bruk av bæreraketteknologi. Dette har påvirket forholdet til USA, og la grunnlaget for Brasils utvidede samarbeid med Russland, Ukraina og spesielt Kina.

Landet jobber aktivt med å utnytte romteknologi i overvåkning og forvaltning av sine store ubebodde landområder med sårbar natur og havområder med økende offshore og maritim aktivitet. Nye store olje- og gassfunn sammen med store mineralforekomster, bidrar til bildet av Brasil som en av verdens store råvareeksportører.

Dette, og en forholdsvis lukket økonomi, har også skånet Brasil fra de verste effektene av finanskrisen²⁵.

Brasil deltar i romstasjonsprogrammet via et bilateralt samarbeid med NASA. Med bakgrunn i dette samarbeidet fløy den første brasilianske astronauten med Soyuz til romstasjonen i 2006. Samarbeidet gir også brasilianske forskere og eksperimenter tilgang til romstasjonen.

Brasil samarbeider, i ulike sammenhenger, med de fleste større romfartsnasjonene, og forventes å være en aktiv internasjonal aktør innen romvirksomhet med hovedfokus på jordobservasjon og navigasjon.

Utover romstasjonssamarbeidet med NASA, kjenner man ikke til noen konkrete planer for brasiliansk romfart.

Malaysia er en av de mer eksotiske aktørene omtalt i denne rapporten, men historien om Angkasawan-programmet gir et interessant eksempel på hva som er motiverende og utløsende faktorer for bemannet romfart.

Angkasawan er det malaysiske ordet for astronaut, og programmet resulterte i 2007 med oppskytingen av landets første astronaut med russiske Soyuz og påfølgende opphold på romstasjonen.

Myndighetene uttalte at målene med programmet var å løfte det nasjonale bildet av landet, spesielt hos den unge generasjonen, og inspirere til større interesse og ambisjoner innen matematikk og vitenskap, og bidra til å utvikle en nasjonal romvirksomhet som kan være med på å sikre det malaysiske samfunnet.

Programmet ble til som en del av en større avtale om kjøp av russiske jagerfly. Selv om Angkasawan-programmet utgjorde cirka 2.5 % av hele avtalen, ble ANGKASA²⁶ sterkt kritisert for unødige sløsing med midler i et utviklingsland, med mange elementære samfunnsutfordringer.

Det finnes lite informasjon om hvilken effekt programmet faktisk har hatt i det malaysiske samfunnet, og hvilke planer som finnes for å følge opp satsningen.

Sør-Korea er ikke av de store aktørene innen romfart, men motivasjonen for romvirksomhet generelt, og romfart spesielt, synes å være interessant i forhold til det "asiatiske romfartskapløpet".

Sør-Korea og Russland signerte i 2005 en avtale om opplæring og ferd til romstasjonen for en Sør-Koreansk astronaut. I 2008 resulterte samarbeidet med et 10 dagers opphold for 29 år gamle Yi So-yeon.

Landets president og tusenvis av fremmøtte fulgte oppskytingen via direkte tv-overføring ved et offentlig arrangement i hovedstaden. Presidenten utalte at med dette var romalderen for alvor kommet, og at Sør-Korea i løpet av de neste tiårene vil bli en betydelig aktør i Verdensrommet.

Det er i dag vanskelig å måle verdien og gevinsten for Sør-Korea av satsningen på romfartsprogrammet.

²⁴ Brazilian Space Agency eller Agência Espacial Brasileira (AEB).

²⁵ Finanskrisen 2007–2010 var en omfattende krise i verdens finansielle system. Særlig ble banker og andre finansforetak rammet.

²⁶ Malaysian National Space Agency (ANGKASA).

Samarbeidet med Russland omfatter også utvikling av Naro Space Centre og oppskytning av den Russisk-Sør-Koreanske bæreraketten med samme navn. Naro-rakettene er basert på teknologi planlagt brukt for de nye russiske Angararakettene, med et andre trinn utviklet og bygd av Sør Korea. Foreløpig kapasitet er cirka 100 kg i lav jordbane. Dessverre har de to første forsøkene i 2009 og 2010 vært mislykkede, og nyttelasten gikk tapt på begge oppskytningene. Feilene er med på å understreke kompleksiteten i bæreraketteknologien.

Det økende samarbeidet med Russland og anstrengelser for å bedre forholdet til Kina, synes å være viktige for Sør-Koreas politikk og arbeid med å beholde rollen som en av Asias "tiger-økonomier". Å gjøre seg mindre avhengig av amerikansk raketteknologi kan åpne for en forskyvning av balansen mellom Kina-Korea-USA, og Asia-Vesten-forholdet generelt.

Det sørkoreanske romfartsprogrammet er ifølge myndighetene motivert av langsiktige, kommersielle gevinster og nasjonal prestisje og image. Det synes også å ligge en balansert, nasjonal sikkerhetspolitikk til grunn for ønsket om å utvikle egne bæreraketter og bygge sterke bånd til verdens supermakter, spesielt USA, Russland og Kina. Hovedmotivasjon for disse båndene finnes i det spente forholdet til Nord-Korea.

Det kan tyde på at forholdene knyttet til nasjonal sikkerhet og økonomisk geopolitikk vil motivere Sør-Korea til deltagelse i det "asiatiske romkappløpet". Hvor mye av satsningen i dette kappløpet som vil knyttes til å videreføre de sørkoreanske aktivitetene innen bemannet romfart og utforskning, er usikkert.

Indonesia var et av de første asiatiske landene som begynte å benytte egne satellitter. Først ved innkjøp fra utlandet, men senere ved å utvikle og opererte nasjonale plattformer og små bæreraketter.

Landet har per i dag ingen kjente planer for bemannet romfart, men det blir interessant å følge utviklingen etter hvert som Indonesia skal hevde seg og ta del i Asias økonomiske og politiske utvikling.

Forente Nasjoner

I Europa (EU) og mange europeiske land mangler det i dag en politisk dimensjon for utforskningen av Verdensrommet. Dette er også tilfellet globalt. For at utforskningen i Verdensrommet og bemannet romfart skal finne sted i et betydelig omfang, må man først etablere en global politisk plattform. Dette er spesielt avgjørende for å realisere det betydelige potensialet bemannet romfart har som en samlende aktivitet for verden.

Et teknisk og strategisk samarbeid mellom 14 romfartsorganisasjoner resulterte i 2007 i en global utforsknings strategi, GES²⁷. Men strategien mangler en global politisk forankring.

Det er fra flere hold foreslått at FN burde ta et koordineringsansvar og utgjøre den politiske plattformen for en global strategi for utforskning og utnyttelse av Verdensrommet.

FN har allerede fora som UNOOSA²⁸ og COPUOS²⁹. Det siste ble etablert like etter oppskytningen av Sputnik i 1958, og utgjorde da åtte medlemsland. Siden har antallet økt til 69, hvor det er verdt å merke seg at Norge ikke er medlem.

Med Norges ambisjon om å være det land i verden som har mest nytte av rommet i 2015, er det interessant å betrakte det som kan kalles et manglende norsk engasjement i disse globale fora. Spesielt siden Norge også anser FN og folkeretten som det viktigste instrument for global organisering.

En annen del av FN som har vært foreslått som global plattform for å diskutere romfart og utforskning, er UNESCO³⁰. FNs organisasjon for utdanning, vitenskap og kultur, som utfolder sine aktiviteter på feltene utdanning, naturvitenskap, sosial og humanistisk vitenskap, kultur, kommunikasjon og informasjon.

²⁷ Global Exploration Strategy (GES).

²⁸ United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA).

²⁹ United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS).

³⁰ United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).



Illustrasjon: ESA

Hvis utforskningen av Verdensrommet skal bli et reelt globalt samarbeid, må man etablere en global politisk plattform. FN synes da som et relevant alternativ.

UNESCO

arbeider for fred ved å fremme samarbeide, kommunikasjon og utveksling av ideer mellom sine 192 medlemsland.

Det er antatt å være i FNs interesse å aktualisere disse eksisterende, og eventuelle nye, forum slik at de kan utgjøre en politisk plattform for et globalt samarbeid om utforskningen og utnyttelsen av Verdensrommet.

Per i dag synes de romrelaterte forum i FN å tilkomme lite funksjonalitet. De fleste viktige avgjørelser knyttet til romvirksomhet gjøres via bi- eller multilaterale avtaler, mange gjøres også unilateralt av de større aktørene.

Det er i denne sammenheng viktig å huske USAs skepsis til folkerettslig bindende avtaler i FN-regi.

3. Norges interesser

Dette kapittelet diskuterer hvordan bemannet romfart kan styrke, og finne støtte i, uttalte norske interesser.

Norske interesseområder er her generalisert og definert som sikkerhet, engasjement, økonomi, internasjonal organisering, energi, klima og miljø. Samtidig ligger det en sterk interesse i kunnskap og kompetanse om den strategiske og operative håndteringen av disse interessene. Interesser knyttet til forskning og utdanning er også omtalt.

Kapittelet er delt opp etter tema som er aktuelle innen gjeldende norsk realpolitikk og idealpolitikk. Idealpolitikken omhandler interesser og aktiviteter som er fundert på utvikling, humanisme, fredsskaping og engasjement for internasjonal solidaritet. Norsk sentral realpolitikk fokuserer på økonomi, sikkerhet og næringsinteresser.

Rapporten utgir seg ikke for å gi en uttømmende analyse av norske interesseforhold.

3.1 Realpolitikk

Realpolitikk er tradisjonelt oppfattet som et ensidig fokus på egne nasjonale maktpolitiske interesser, hvor disse dyrkes på en effektiv og pragmatisk måte. Realpolitikken ser verden slik den er, i motsetning til idealpolitikken, som tar utgangspunkt i hvordan man ønsker verden skal være. Realpolitikken må anses som et viktig grunnlag for all idealpolitikk. Man kan jobbe for fred og fordragelighet og hjelp til de som trenger det, men man kan ikke overse at det finnes elementer som søker å skade andre, og at penger som skal brukes, først må tjenes.

I dette ligger det at en realpolitisk vurdering må ligge til grunn, når Norge skal avgjøre hvilke engasjement og investeringer man har størst grad av innflytelse på, og mulighet for å lykkes med.

En ESA rapport fra 2004^{vii}, skrevet av Røberg og Collett, beskriver norsk romvirksomhet i tidsrommet 1958-2003. Kort oppsummert kan man konstatere at norsk romvirksomhet har blitt en suksesshistorie som på en utmerket måte har tjent Norges interesser i de siste 50 årene. Rapporten gir også et godt innblikk i hva som har vært motivasjon og drivkraft i norsk romvirksomhet disse årene.

Også i dag er norsk romvirksomhet generelt ansett for å tjene norsk realpolitikk på en veldig god måte. Utvikling av systemer for jordobservasjon og navigasjon er avgjørende for å verne og skape verdier for norsk miljø, samfunn og sikkerhet. Også i fremtiden vil kompetanse og teknologi knyttet til denne type romvirksomhet være avgjørende for norske interesser, spesielt i forhold til forvaltningen av nordområdene og forståelsen av klimaendringer.

Bemannet romfart trenger flere og nye målekriterier på nytte og suksess enn norsk romvirksomhet generelt.

Bemannet romfart har tradisjonelt blitt vurdert som mindre viktig for norske interesser, og målt med de samme kriterier som for romvirksomhet generelt, kan dette synes å ha vært riktig.

Men ved å studere motivasjonen, omfanget og oppmerksomheten andre nasjoner og aktører vier bemannet romfart, er det spennende, også i Norge, å diskutere nye og flere kriterier for å måle nytte og suksess for bemannet romfart.

Spesielt tatt i betraktning de siste års endringer i det globale verdensbilde, og Norges fremvekst som en vellykket og velstående nasjon, med stort ansvar og engasjement i det globale samfunn.

Rapporten tar som utgangspunkt at norsk romvirksomhet per i dag er realpolitisk forankret med gode ringvirkninger i norsk samfunn.

3.2 Næring og handel

Norske mål og interesser for romrelatert industri og næringsvirksomhet følges ved å satse på aktører som er, eller kunne bli, konkurransedyktige internasjonalt, prioritere prosjekter som er knyttet opp mot aktørenes egne langsiktige satsninger, og bidra til å utvikle nye markeder for norske leverandører til romindustrien.



Det er i dag cirka 43 år siden det norske oljeeventyret startet for alvor. I mange generasjoner før, og etter, dette eventyret har nordmenn utfordret og levd med havet, og høstet både uår og lykke. Hvis fremtidens nordmenn gis muligheten til å utfordre og leve med Verdensrommet på samme måte, vil vi helt sikkert skape nye norske eventyr. Skal det også bli et økonomisk eventyr, må vi investere, politisk og industrielt, med samme mot og kløkt som på slutten av 60-tallet. Bilde: NASA (Venstre) /Harald Pettersen/Statoil (Høyre).

Lønnsom vekst i romrelatert næringsliv og høy samfunnsnyttighet står øverst i de norske prioriteringene for romvirksomhet. Kravet til industrielle ringvirkninger av offentlige investeringer utgjør i dag det viktigste styringsverktøy for investeringer i norsk romvirksomhet, også bemannet romfart.

Kravet til høy ringvirkningsfaktor og graden av samfunnsnyttighet er ofte et ankepunkt i diskusjonene om bemannet romfart i Norge.

Den direkte nytten for samfunnet, slik som for eksempel navigasjon og kommunikasjon har, kan vanskelig vises ved bemannet romfart. Andre typer samfunnsnytte ved bemannet romfart diskuteres senere i dette kapittelet, og i kapittelet 5. *Fremtidstenkning*.

Lønnsom vekst er et krav som bedrifter med fokus på bemannet romfart skulle kunne tilfredsstille på lik linje med andre bedrifter. Diskusjonen her koker ofte ned til hva som er en sunn balanse mellom offentlig og private investeringer. Men selv en bedrift som er 100 % avhengig av offentlige innkjøp kan være et lønnsomt foretak. Spørsmålene skyves da over til hva som er de mest samfunnsnyttige investeringene for det offentlige.

Svarene på dette blir i dagens Norge oftere å finne innen idealpolitikken enn realpolitikken.

Industrielle og næringspolitiske valg tatt av tidligere generasjoner har lagt grunnlaget for norsk velstand i dag. Valgene som vi kjenner best og anerkjenner i dag, er de som viste seg å være de rette.

Men ofte underslås det faktum at for dem som da tok beslutningene var det ingen, eller få, realpolitiske fakta som tilsa at det skulle bli en suksess flere generasjoner senere.

En revolusjon, som man i disse dager faktisk søker, innen energiproduksjon eller energibærere, kunne, hvis den skjedde på midten av 70-tallet, marginalisert offshore olje- og gassindustri som næring før den ordentlig startet.

Historien om oljeeventyret viser et viktig realpolitisk aspekt ved norsk industri og næringsvirksomhet. Uten en storstilt offentlig investering, ville det meste av oljeindustrien vært eid av utenlandske selskaper. I et land som Norge, med liten befolkning, og en stor del av økonomien i det offentlige, vil det ikke være nok risikovillig kapital i det private til å posisjonere norske interesser for fremtidens vekstnæringer. I alle fall ikke i et slikt omfang man trenger for å erstatte olje- og gassindustrien.

Et annet realpolitisk aspekt som preger høyteknologiske næringer i dag, er behovet for langsiktige investeringer og en kritisk masse av aktører og arbeidstagere, for å kunne lykkes på den internasjonale arena.

For å kunne avgjøre om, når og i hvilken grad man bør satse på bemannet romfart i Norge, må man svare på noen spørsmål:

- Vil menneskets utforskning og utnyttelse av Verdensrommet fortsette å øke i fremtiden?
- Når blir bemannet romfart en næring med en sunn balanse mellom offentlige og private investeringer?
- Vil denne næringen utgjøre en global økonomisk størrelse, eller gi andre fordeler med global dimensjon?
- Når, og med hvilket tempo, må man starte en norsk satsning og oppbygning, for å få en næring med kritisk masse på rett tidspunkt?
- Har Norge noen fortrinn som gir oss en ekstra mulighet til å vinne frem i denne konkurransen?

Diskusjonen og eksemplene i de påfølgende kapitlene forsøker å besvare disse spørsmålene.

En kort vurdering viser at Verdensrommet allerede i dag er en betydelig del av Jordens økonomiske og kulturelle sfære, selv om vi til nå kun har benyttet et tynt lag av det nære verdensrom. Menneskets utforskning har foregått siden historiens morgen, og den vil ikke opphøre, spørsmålet er hvilken retning den vil ta.

Utover i Verdensrommet synes som et realistisk svar.

3.3 Sikkerhetsinteresser

Norske sikkerhetsinteresser har i dag tillagt bemannet romfart liten direkte betydning, og omvendt. Men med anerkjennelse av sivilt internasjonalt romfartssamarbeid som betydningsfullt for den globale avspenningen, har bemannet romfart generelt, og romstasjonen spesielt, en interessant rolle å spille.

Aktiviteter som bidrar til global avspenning ligger innenfor norske sikkerhetsinteresser.

Behovet og interesse for å regulere dagens og fremtidens næringer knyttet til romtransport

og romfartsbaserte systemer, må ses i sammenheng med dagens behov for en bred tilnærming til regulering og kontroll av ballistisk våpenteknologi³¹, både til nye stater og til ikke-statlige aktører.

Omtrent 10 år ut i det forrige århundre sto verden ovenfor en revolusjon innen flyteknologi. Denne teknologien utfordret nasjonale sikkerhetsinteresser på en fundamental måte. Territorier tidligere trygge og isolerte, kunne plutselig nås med både brev og bomber.

Cirka 50 år senere, omtrent midtveis i det forrige århundret, utgjorde raketteknologi et lignende paradigmeskifte i global sikkerhetspolitikk. Det er klare paralleller mellom hvordan disse teknologiene ble utviklet og kontrollert. På grunn av teknologisk modning og spredning samt økonomiske interesser, har flyteknologi utviklet seg til den industrien den er i dag.

Raketteknologi har snart nådd et modningsnivå hvor den må reguleres på lignende måte som annen transportteknologi.

Utviklingen av forsvarsteknologi mot flyangrep bidro også til å redusere betydningen for sikkerhetspolitikken. Rakett-, og anti-raketteknologi, vil om få år ha nådd et modnings- og spredningsnivå hvor sikkerhetsinteresser vil tillate en regulering av raketindustrien på lignende måte som flyindustrien.

Den videre utviklingen av romfart som en industri, og dens stadig økende betydning i verdensøkonomien, vil i stor grad avhenge av denne utviklingen. Arbeid for en slik avspenning og regulering av raketteknologi, vil være i norske sikkerhetsinteresser.

Norges geo- og sikkerhetspolitiske interesser og situasjon, er regnet som tungtveiende for Norges deltagelse i romstasjonsprogrammet. Å avslå en invitasjon fra USA om et samarbeid med Russland i verdens største, sivile, teknologiske prosjekt var, og er, i strid med flere norske interesser, også realpolitiske sikkerhetsinteresser.

³¹ Langdistanseraketter som kan bære våpensystemer, typisk interkontinentale atomraketter.

3.4 Norsk økonomi

Den norske stats økonomiske interesser er tradisjonelt motivert i opprettholdelsen av den norske velferden. Basisen for den norske velferden, og den private verdiskapningen, er en åpen og fleksibel økonomi preget av eksport av naturressurser med høyteknologisk spin-offs. Dette vil ikke endre seg i fremtiden, og selv etter oljealderen vil dette mest sannsynligvis utgjøre basisen i den norske økonomien.

En generell utfordring med å være et land med liten befolkning, er at vi rett og slett ikke har nok hoder og hender til å ha mer en 1-2 næringer hvor vi utgjør en global størrelse.

Romfart har en "multiplikatoreffekt" på investeringer i høyteknologisk forskning og utvikling.

Ressursene i og under havet vil også i fremtiden gi et unikt grunnlag for norsk økonomi og velferd. Likevel bør bemannet romfart og romvirksomhet generelt vurderes som en næring med stor betydning for norsk økonomi.

Spesielt tydelig, og med et spennende potensial, er bemannet romfart sin kraft som "multiplikatoreffekt" i norske teknologi- og forskningsmiljøer. Miljøer som i fremtiden skal være ansvarlig for utviklingen av norsk høyteknologi.

Med hovedfokus på synergi og muligheter mellom hav- og romfartsindustri diskuteres det i kapittelet 5. *Fremtidstenkning* noen scenario for bemannet romfart, og hvordan norske aktører kan posisjoneres og skape økonomiske verdier i fremtidens Norge.

3.5 Norsk idealpolitikk

Norsk idealpolitikk er formet av vår humanistiske arv, likeverd og rettsoppfatning. Denne arven og oppfatninger utfordres, på godt og vondt, av den økende globaliseringen. Globaliseringen gjør at andre menneskers arv og verdier kommer veldig nært på oss, og våre på dem.

Dette gjør at vi må forlate en snever forståelse av norske interesser og realpolitikk. Endringene i det globale verdensbildet gjør i økende grad fredsbygging, internasjonal organisering og menneskerettigheter til realpolitikk.

Bemannet romfart har sin sterkeste effekt når den oppfyller sitt ideal om å flytte grensene mellom virkelighet og science-fiction. Når den bidrar til å utvide begrepene om hva det betyr å være menneske. Følelsene som da skapes er ikke ulik de følelsene som motiverer utallige nordmenn til å jobbe for en bedre verden.

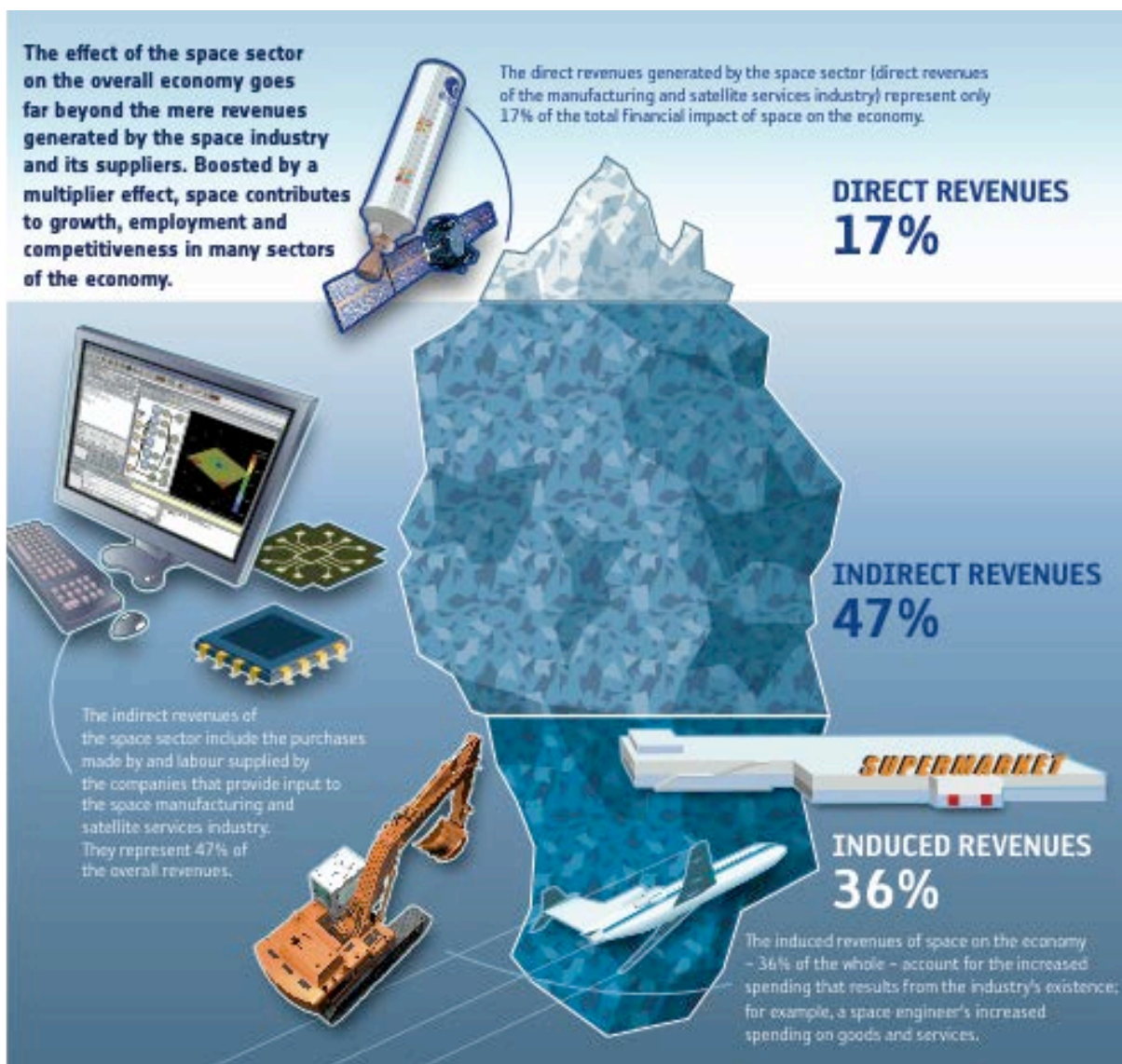
3.6 Vår humanistiske arv

Det norske og skandinaviske samfunn har sin verdiforankring i rettsstatens og demokratiets prinsipper og humanetiske grunnverdier.

Det ville være i norske interesser om disse fundamentale verdiene var sterkt representert i motivasjonen og tilnærmingen til menneskehetens utforskning og utnyttelse av Verdensrommet.

Hvordan vi velger å forstå, utnytte og reise i Verdensrommet vil for all fremtid farge historien om menneskeheten.

Uavhengig av type og omfang av våre mål og aktiviteter i Verdensrommet vil valgene vi tar i dag farge menneskehetens historie for all fremtid. Det burde være i norske interesser at utforskningen av det "siste grenseland", som Verdensrommet representerer, har forankring i folkeretten, og skjer i tråd med våre fundamentale humanetiske verdier.



Effekten som romfart har på økonomien omfatter mye mer enn omsetning og fortjeneste hos romfartsindustrien. På grunn av sin natur gir romfart en "multiplikasjonseffekt" i form av vekst, ansettelser, og økt konkurransedyktighet i mange deler av økonomien. Illustrasjon ESA.

En gjennomtenkt satsning på bemannet romfart vil styrke det lokomotivet som romvirksomhet allerede er for teknologisk og industriell virksomhet i Norge.

3.7 Fredsskaping

Ønsket om en fredeligere verden er sterkt forankret i både real- og idealpolitikk. Samarbeid, handel og tillit mellom nasjoner er anerkjent som den beste garanti mot krig og konflikter. Internasjonalt samarbeid, og økt regulering av det internasjonale samfunnet, er generelt et norsk interesseområde.

Godt og effektivt internasjonalt og globalt samarbeid er ekstremt krevende å få til. Når samarbeidet omfatter tema og teknologi som er knyttet til nasjonal militær- og sikkerhetspolitikk, blir det tilnærmet umulig. Så godt som alle slike samarbeid i dag har en felles "fiende" som motivasjon.

I dette verdensbildet utgjør det sivile samarbeidet om romstasjonen et unikt tilfelle. Samarbeidet inkluderer erkefiender fra den kalde krigen, og nesten all teknologi involvert har militær anvendelse, eller sikkerhetspolitisk interesse.

Hva kan et reelt globalt samarbeid i utforskning og utnyttelse av Verdensrommet gjøre for fred og sameksistens her på Jorden?

Et fortsatt og utvidet internasjonalt, helst globalt, sivilt, teknologisk samarbeid om den fredelige utforskningen og utnyttelsen av Verdensrommet, kan ikke ses som noe annet en et verdifullt bidrag til verdensfreden.

Få bilder har hatt like stor betydning for vårt verdensbilde som bildene fra Apolloferden, som viste Jorden som en liten blå oase i det uendelige Verdensrommet. Sårbarheten og avhengigheten som ble blottlagt, la grunnlaget for de fleste miljøbevegelsene som eksisterer i dag. På samme måte påvirket det freds- og solidaritetsbevegelsene sine mål og politikk om at "vi er en verden".

Bemannet romfart og utforskning vil også i fremtiden bidra til et kraftig fokus på sårbarheten og avhengigheten til Jorden og til hverandre. Den avgjørende betydningen av å ta godt vare på Jorden er det få som misjonerer for på en bedre måte enn astronauter som har flydd i Verdensrommet.

3.8 Internasjonal solidaritet

For de av våre medmennesker som lever i ytterste nød vil romfart, likt alt som ikke svarer direkte på våre viktigste primærbehov, være meningsløst. Samtidig så eksiterer det en universell forståelse av at uten håp og drømmer så visner vår menneskelige livsgnist.

Uten her å konkludere med den faktiske effekten, er det interessant å registrere motivasjonen til land som Indonesia, Malaysia, Kina og India for å satse på bemannede romfartsprogram. Land som tross god økonomisk utvikling sliter med utfordringer typiske for u-land.

Hva kan drømmen om reiser og utforskning av Verdensrommet tilby menneskehetens mest ressursvake samfunn?

Blant motivene som går igjen, er ønsket om å styrke det nasjonale selvbildet, og på denne måten å gi befolkningen en følelse av alt er mulig, med hardt og pliktoppfyllende arbeid.

Alt samarbeid med internasjonal solidaritet som mål eller årsak, bør anses som å være i norsk idealpolitisk interesse.

En bemannet ferd til Mars eller Månen hvor en eller få nasjoner deltar, vil for alltid leve videre i historieøkene som en teknologisk og menneskelig triumf. Men hvis samarbeidet om en slik ferd var et reelt globalt foretak, ville det bli en ekte triumf for hele menneskeheten.

Et bilde av en europeisk, indisk, kinesisk, amerikansk, russisk, indonesisk og afrikansk astronaut side om side på ferd til Mars, ville være et utrolig betydningsfullt symbol for menneskehetens sameksistens og fremtid.



Bilde: "Earthrise" (NASA).

Et arbeid for å gjennomføre fremtidige bemannede ekspedisjoner i et globalt samarbeid ville være nært knyttet til flere norske interesseområder. Spesielt hvis samarbeidet kunne involvere en form av uegennyttig inkludering av land og regioner som selv ikke kan tilby sin befolkning en del av det "nye grenselandet" og eventyrene som vil skapes i utforskningen og utnyttelsen av dette.

Det ville være i norske interesser å inkludere rekruttering til vitenskap og teknologi som en integrert del av aktiviteter knyttet til romfart og utforskningen av Verdensrommet. Også med tanke på samfunnet generelt, skal man ikke undervurdere den reformerende kraften i en befolkning som føler at de har deltagelse og påvirkning i utforskningen av et nytt grenseland.

3.9 Forskning og utdanning

Utdanning og forskning som generelle tema diskuteres oftest med honnørord og enighet om viktigheten for samfunnet.

Forskning og høyere utdanning er viktig for utvikling og forståelse av det vi skal leve av i fremtiden.

En offensiv forskningspolitikk er viktig for Norge som velferdsnasjon. Offentlig finansiert forskning er en forutsetning for utvikling innen de områdene som ikke er markedsstyrt gjennom privat finansiering. Forskning og høyere utdanning er viktig for å forberede det vi skal leve av i framtida, men forskning og utdanning er også en verdi i seg selv.

Selv om man ser en generell økning i antallet som tar høyere utdanning, er det bekymrende at stadig flere velger bort naturvitenskap og teknologi.

En satsning på utforskningen av Verdensrommet vil av natur inneholde stor grad av forskning og utvikling, og fremfor alt stille store krav til høyere utdanning innen naturvitenskap, matematikk og teknologi. De fleste unge som svarer at de har liten interesse for disse fagene, svarer samtidig at de har stor interesse for Verdensrommet og romfartøy.

Den reformerende kraften i en befolkning som føler at de har deltagelse og påvirkning i utforskningen av et nytt grenseland, skal ikke undervurderes.

3.10 Norske astronauter

Å skrive om romfart uten også å diskutere astronauter lar seg vanskelig gjøre. Dette delkapittelet diskuterer kort norske interesser og gevinster i forhold til astronauter, spesielt betydningen av astronauters nasjonalitet.

Selv om Christer Fugelsang har et godt og tett forhold til Norge, så flyr han i romfergen og jobber på romstasjonen med et svensk flagg på armen. Han er en svensk, i beste fall en europeisk, astronaut. Norge har i dag ingen astronauter.

Astronauter representerer en helt unik kunnskap og forståelse for utfordringene og mulighetene ved romfart, og utgjør en stor ressurs for alle aktører som har aktiviteter relatert til romfart. Oppfatningen av astronauter som "de beste av de beste" har godt belegg i virkeligheten, men det er viktig å huske at astronauter på ingen måte er en homogen gruppe. Ikke bare gjennom personlighet og kulturell bakgrunn, men også faglig ekspertise og interesser.

Kunnskap og kompetanse i det europeiske astronautmiljøet er i liten grad begrenset av nasjonal tilhørighet hos astronautene. For norsk industri og forskning bør det vurderes som viktigere å ha god tilgang og kommunikasjon med et allsidig kompetent europeisk eller internasjonalt astronautkorps, enn å ha en norsk astronaut.

For Norge vil det på kort sikt være nyttig å bygge opp kompetanse og kontaktflate i, og mot, det europeiske astronautkorps, mens en satsning på norske astronauter ikke ville være rasjonelt før norsk romfartsrelatert industri og forskning når en nødvendig kritisk masse.



Av de cirka 8000 europeerne som i 2009 søkte på ESA sine seks nye astronautstillinger, var det 77 nordmenn. Det relativt lave søkerantallet kommer av strenge medisinske kriterier for i det hele tatt å få lov til å søke. Kanskje ville mange av dem følge fotsporene til den norsk-svenske astronauten Christer Fugelsang. Ut i rommet ville de i alle fall. Foto: Scanpix.



Kompetansen til astronauter er svært ettertraktet innen industri og ledelse. ESA-astronaut Jean-François Clervoy (venstre) og ESA prosjekt manager John Ellwood (høyre) foran ESA ATV "Jules Verne". Bilde: ESA - A. Le Floch'h.



Astronauter representerer en helt unik kunnskap og forståelse for de teknologiske og vitenskapelige utfordringene og mulighetene ved romfart. De utgjør også en gruppe mennesker som med stor overbevisning snakker om behovet for å ta bedre vare på den skjøre balansen som Jordens økosystem utgjør. Bilde: NASA.

4. Norske aktører og aktiviteter

Dette kapitlet omtaler et utvalg av norske aktiviteter og aktører som har hatt, har eller har potensial for leveranser og anvendelser som bidrar til gjennomføringen av verdens romfartsprogrammer. Felles for de fleste av aktørene er at vitenskapen og teknologien i seg selv ikke har hatt, eller har, romvirksomhet eller romfart som et mål i seg selv, men at romindustrien er blitt et nytt marked for deres kompetanse og teknologi.

4.1 Hovedvirksomhet

Rundt 2000 nordmenn jobber i dag med romvirksomhet. Norske bedrifter og organisasjoner er med på å utvikle, bygge og levere produkter til romstasjonen, Ariane 5, romsonder til andre planeter, jordobservasjon, navigasjons- og kommunikasjonssatellitter.

Deres arbeid spenner fra utvikling av eksperimenter ombord på romstasjonen, til å sørge for at satellittsignalene med de mer dagligdagse TV-programmene kommer til en parabol nær deg. Aktiviteter knyttet til romfart utgjør en liten nisje for enkelte aktører, og hovedtyngden av norsk romvirksomhet er knyttet til kommunikasjon, navigasjon og jordobservasjon.

Norske aktører og aktiviteter som er relatert til romfart har så stor diversitet at det er vanskelig å omtale dem som en gruppe. Samtidig er denne diversiteten talende for romfart som en multidisiplinær og tverrfaglig næring hvor de beste løsninger ofte går på tvers av etablerte fagområder og industrienkning.

Å reise, jobbe og leve i Verdensrommet krever, som på Jorden, et utall teknologier, tjenester og infrastruktur.

Et gjennomgående tema i rapporten er hvordan en fremtidig økt satsning på romfart kan implementeres med stor nytte og synergi for norsk næringsliv og akademia.

Delkapitlet 4.7 *Romfart i næringsklynger* fokuserer på aktører innen Maritim/offshore sektor og forsvarsindustrien, som anses for å ha gode muligheter og synergi av å inkludere eller utvide romfart som kompetanse i sine virksomheter.

Informasjon i dette delkapitlet er avgjørende bakgrunnsinformasjon for arbeidet med å utvikle scenarioet i kapitlet 5. *Fremtidstenkning*, og for å bygge forståelsen for at norske institusjoner og bedrifter har kompetanse og produkter som er attraktiv, relevant og kvalifisert for romfart.

Arbeidet med denne rapporten har ikke analysert hele spektret av norske bedrifter og kompetanse. I tillegg til de aktørene som er omtalt her, antas det å finnes mange flere bedrifter og miljøer med relevant kompetanse.

Et besøk på hjemmesidene til NIFRO³² gir en god oversikt over industriselskaper og forskningsinstitusjoner i Norge som selv definerer seg som en del av romindustrien.

NIFRO er nærmere omtalt i delkapitlet 4.9 *Strategiske aktører i Norge*.

³² <http://www.nifro.no/>

4.2 Mennesket og ekstreme miljø

Historisk sett klarer mennesker seg best i ekstreme miljø når man søker å begrense avhengigheten av teknologi. I dagens samfunn kommer teknologi i ekstreme miljø til best nytte når den begrenser behovet for menneskets tilstedeværelse. Men ved bemannet romfart vil mennesket og teknologi måtte samvirke i det nådeløse miljøet som Verdensrommet utgjør.

Ved UiB, Det Psykologiske Fakultet, fokuserer enheten "Society and Workplace Diversity" på kunnskap om konsekvenser og utfordringer knyttet til kulturelt mangfold i samfunn og arbeidsliv. Spesielt har forskningen i forhold til krysskulturelle arbeidssammensetninger og lukkede, ekstreme miljøer, stor relevans for romfart.

Romfarten har tilført betydningen ekstremt arbeidsmiljø en helt ny dimensjon, og det er etablert forståelse og enighet om at kultur, språk, sosiale ferdigheter og forholdet mellom kjønnene må fungere hvis lange romferder skal lykkes.

I samarbeid med ESA forsker gruppen på isolasjon under opphold ved forskningsstasjoner i Arktis, og ikke minst gjør forskningsgruppen undersøkelser og gir rådgivning i forhold til hvordan multikulturelle romfartsbesetninger samarbeider ved isolasjon. Gruppens involvering i den Russisk - Europeiske isolasjonsstudien MARS-500³³ har fokus på disse utfordringene.

CULT-eksperimentet, som er gjennomført på romstasjonen og i flere simuleringsstudier er et godt eksempel på gruppens arbeid med å beskrive og forstå betydningen av kulturelle aspekt og betydningen av ulike leder stiler har for funksjonaliteten i besetningen.

Forskningsgruppens arbeid tilskrives også relevans for den operative og administrative delen av den maritime næringsklyngen, i Bergen spesielt, men også generelt.

I romfarten, som i alle tilfeller der arbeid foregår i ekstreme miljø, prøver man å redusere bemanningen. En av de mest vanlige måtene er da å implementere virtuell kontakt med ledelse og nøkkelpersoner som støtter arbeidet fra andre steder.

Arbeid med å analysere, forstå og endre arbeidsprosesser vil kunne ha stor overføringsverdi til andre næringer.

Institutt for sirkulasjon og bildediagnostikk ved NTNU har gjennom flere tiår inkludert bemannet romfart som en del av sin forskning. Med arbeidsmiljø- og dykkermedisin som hovedfokus, har forskningen utført under ledelse av Alf Brubakk stor relevans for bemannet romfart, spesielt med tanke på trykkfallsproblematikk.

Miljøet var også involvert i arbeidet og utredningene som på slutten av 1980-tallet jobbet for utvelgelsen av en norsk astronaut og bruk av norsk infrastruktur i ESAs astronautprogram.

Norsk Undervannsintervensjon (NUI A/S) er et norsk kraftsenter for aktiviteter under vann, med et tjenestetilbud som blant annet omfatter hyperbar mottaksberedskap, forskning og fysisk testing av personell og utstyr. Selskapet har ekspertise innen et bredt spekter av fagområder nødvendig for å møte utfordringene ved arbeidsoperasjoner under vann.

Mange av utfordringene med arbeid under vann har fellestrekk med utfordringene som astronauter møter når de jobber i vektløshet. Medisinske forhold, planlegging av oppgaver og koordinasjon av ROV og dykkere som jobber sammen er av spesiell interesse.

De fleste miljø som nevnes i dette delkapittelet har historie som kan spores tilbake til miljøet som oppsto rundt NUTEC på slutten 1980-tallet. Flere av disse miljøene var sterk engasjert i arbeidet med å etablere en norsk deltagelse i ESAs astronautprogram. En deltagelse bygd på norsk kompetanse innen dykking og offshore.

Flymedisinsk seksjon er en del av Luftfartstilsynet med ansvar for medisinsk tilsyn av personell i norsk sivil luftfart. Flymedisinsk seksjon er samlokalisert med Forsvarets Sanitet Flymedisinsk Institutt. Kompetanse på yrke, miljø og klinisk medisins betydning for menneskets fysiologiske og psykologiske reaksjoner under flyging brukes til å sikre god helse hos flygere og personell i luftfarten slik at flyging blir trygt. Denne kompetansen har på samme måte som dykkermedisin stor relevans for bemannet romfart. Miljøet har tidligere vært involvert i undersøkelse og utvelgelse av norske astronautkandidater.

³³ Seks personer isoleres i cirka 500 dager i en simulering av en ferd til Mars. Prosjektet er en del av ESAs langsiktige forberedelser til en bemannet ekspedisjon til Mars.

En fremtidig oppblomstring av romturisme vil øke behovet for kompetanse som kan utarbeide medisinske retningslinjer, og for personell kvalifisert for å utstede medisinske sertifikat for både romturister og personell.

I det norske Sjøforsvaret studerer man søvn mønstre og hvilke skiftordninger som er den beste for de som jobber på sjøen.

Et forskningsnettverk med fokus på mennesket i ekstreme miljø ble tidlig på 2000-tallet forsøkt etablert av flere forskningsmiljøer³⁴ som fokuserer på menneskets fysiologi i ekstreme miljø.

Initiativet til å danne et slikt nettverk kom fra oljeindustrien og forskningsmiljøer, som opplevde en sviktende rekruttering til fag og forskning som ser på mennesket i ekstreme miljø. På grunn av manglende finansiering fra andre parter enn Statoil, ble nettverket aldri operativt.

Nettverkets hovedoppgave skulle være å etablere anerkjente FoU-program, samle nasjonale kompetansemiljø og utnytte tilgjengelige ressurser og forskning som fokuserer på mennesket i ekstreme miljø i den hensikt å øke yteevnen og redusere fare for helseskade ved ekstreme belastninger.

Flere av aktørene i nettverket er kjent for sin deltagelse og fokus på mennesket i Verdensrommet.

NTNU Samfunnsforskning A/S³⁵, - Senter for tverrfaglig forskning i Rommet (CIRiS³⁶) i Trondheim, har siden 2006 gjennomført 2-3 treningsprogram i året for astronauter som forberedelse for deres jobb med vitenskapelige eksperimenter i det krevende miljøet ombord på romstasjonen. Disse aktivitetene, knyttet til romstasjonen og astronauter, er planlagt å vare gjennom hele levetiden til romstasjonen.

Studio Apertura, også en avdeling under NTNU Samfunnsforskning A/S, jobber for å utvikle ny forskningsbasert kunnskap om organisasjoners utfordringer og muligheter i en verden preget av teknologisk utvikling, forandringer og omstilling. Gruppen ledes av Per Morten Schiefloe, og er kjent for sitt lange og brede samarbeid med det maritime miljøet, spesielt Statoil.

Aktivitetene fokuserer på organisatoriske og operasjonelle utfordringer ved maritime og offshore installasjoner i det krevende miljø som havet utgjør.

Studio Apertura er, gjennom samarbeid med søsteravdelingen CIRiS, med på å utvikle bedre organisatorisk forståelse og nye konsepter for integrasjon og operasjon av nyttelaster på romstasjonen. Denne kompetansen kombinert med logistikk og planlegging kan bli et viktig bidrag til fremtidige romfartsprosjekter.

AMASE - "Arctic Mars Analog Svalbard Expedition" er en ekspedisjonen som årlig benytter Svalbard som utendørs laboratorium for testing av utstyr, vitenskapelige forsøk og metoder som planlegges for ferder til Mars. Svalbard har en geologi som i stor grad minner om Mars, og det gjør det til et unikt test område.

Aktivitetene og aktørene bak AMASE har utgangspunkt i det sterke norske geologimiljøet og utgjør en unik plattform som utnytter norsk forskningskompetanse, organisatorisk erfaring fra ekspedisjoner i arktiske strøk, godt internasjonalt nettverk og særegen norsk geografi og geologi. Ekspedisjonene har gitt en veldig god erfaring og plattform for samarbeid mellom NASA og ESA, og gjør AMASE til en unik ressurs for de neste 10-15 årene med ESA-NASA-samarbeid i forbindelse med EXOMARS.

Den brede kompetanse og infrastruktur Norge har i ekstreme, arktiske og antarktiske strøk utgjør en mulighet for Norge å tilby etablering og drift av analoge testfasiliteter³⁷ for bemannede romferder, både selvstendig og i samarbeid med pågående nasjonale satsninger.

Interessante muligheter og god synergi med andre norske interesser kunne realiseres ved å åpne opp, tilby og tilpasse bruk av infrastruktur som Polarinstituttet og Miljøverndepartementet har etablert ved blant annet Troll-stasjonen i Antarktis.



Troll forskningsstasjon. Bilde: Norsk Polarinstitutt.

³⁴ <http://www.ekstremmiljo.no/index.htm>

³⁵ Selskapet er et nullprofitt forskningsinstitutt heleid av NTNU.

³⁶ Centre for Interdisciplinary Research in Space (CIRiS).

³⁷ Analoge testfasiliteter etterligner, eller har gode paralleller til, forholdene ved reiser i Verdensrommet.

Aktivitetene kunne tilpasses norske interesser og aktører, og koordineres via ESA med aktiviteter som foregår ved den fransk – italienske Concordiastasjonen i Antarktis. Kanskje kan dette utgjøre et tema for det bilaterale romfartssamarbeidet mellom Norge og Frankrike.

I den Norske Maritime Næringsklynge har man lang og historisk erfaring med teknologi og drift i ekstreme miljø, og rommer mange aktører med høy kompetanse og som er internasjonalt konkurransedyktige på områder som skipsbygging, utstysindustri, teknisk tilsyn, skipsmegling, forskning og utvikling, finansiering og forsikring. Flere av disse er også verdensledende.

Aktører relatert til den maritime næringen er nærmere omtalt senere i kapittelet.

4.3 Vektløshet som verktøy

”Vitenskap i fritt fall” er et uttrykk som gir ulike assosiasjoner, men med økende tilgang til satellitter og romfartøy i jordbane har vektløshet³⁸ blitt et verktøy med interessant potensial.

Vektløshet, ofte referert til som mikrogravitasjon³⁹, er et unikt og nyttig miljø for å studere fysiske, kjemiske og biologiske prosesser hvor sedimentasjon og konveksjon er antatt å spille en viktig rolle direkte, i kraft av sine egenskaper, eller som en indirekte effekt som virker kamuflerende på andre prosesser.

I tillegg til satellitter og romfartøy i jordbane, kan man anvende sonderaketter, fritt-fall-tårn og parabelflyvninger som plattformer for mikrogravitasjonsforsøk. Hva som egner seg best, avhenger av hva slags forsøk man skal utføre, hvilket tidsperspektiv det er snakk om, følsomhet for eksempel g-pertubasjoner og ristninger.

Universitetet i Tromsø, Institutt for Fysikk og teknologi, forsker på støvdannelse i rommet og den øvre atmosfæren, de skal delta i flere eksperimenter som skal forsøke å lage dette spesielle støvet under kontrollerte omgivelser inne i en eksperimentmodul på romstasjonen navngitt PK-4⁴⁰.

PK-4 er fortsatt under utvikling, og integrasjon og operasjon av eksperimentene gjenstår fortsatt. Eksperimentene ble utvalgt allerede i 1999 – 2000.

Eksperimentene søker blant annet å forstå de fundamentale fysiske prosesser som styrer egenorientering av sterke plasmabindinger, deres egenskaper og stabilitet under ulike forhold. Utledning av metoder og verktøy for å designe nye komposittmaterialer for bruk i semikonduktorer, mikroelektronikk og medisin er også et mål ved eksperimentene.

SINTEF og NTNU i Trondheim, har grupper som jobber med fagfeltet materialteknologi som i de senere år fått interesse for mikrogravitasjon som nytting verktøy.

Disse miljøene har til nå ikke vært direkte knyttet til forskning i rommet, men har bygd opp en god kontaktflate med ESA og andre internasjonale forskningsmiljøer.

Forskere fra dette miljøet har deltatt i gjennomføringen av flere eksperimenter ombord på Maxus sonderaketter. De deltar også i et eksperiment som er planlagt gjennomført i ESA EML⁴¹ om bord på romstasjonen. Eksperimentet er navngitt SISSI⁴², og ble utvalgt i 2009 – 2010.

Miljøet innehar stor ekspertise fra både forsknings- og utviklingsprosjekter, og deltar i flere industrielle forskningsprosjekter, blant annet Monophas⁴³ som skal studere størkning av legeringer i mikrogravitasjon.

En stor del av materialforskningen krever kun korte perioder med vektløshet. Metode og eksperimentoppsett gir også gode muligheter for å kontrollere start og stopp av forsøkene.

³⁸ Det er vanlig å omtale gjenstander som er i fritt fall, som vektløse, men vektløshet er ikke det samme som at det ikke er noen tyngdekraft, snarere tvert imot: Vektløshet inntreffer når gravitasjonskraften er den eneste kraften som virker på et legeme.

³⁹ Krefter som virker på satellitten eller romskipet i jordbane gjør at man ikke oppnår en perfekt tilstand av vektløshet, men en tilstand kjent som mikrogravitasjon.

⁴⁰ ”Plasma Krystal Experiment 4” (PK-4) er en ny eksperiment serie av Plasma Krystalleksperiment gjennomført på ISS.

⁴¹ Electromagnetic Levitator (EML).

⁴² Gravitational effect on heat and mass transport phenomena in directional solidification of upgraded metallurgical silicon for photovoltaic applications (SISSI).

⁴³ Forskningsprosjekt i regi av ESA for å studere størkning av legeringer som er sammensatt av elementer med svært ulik tetthet og hvor de tyngste synker ned under størkning og gir legeringene en ujevn sammensetning.

Dette gjør plattformer som sonderaketter, fritt-fall-tårn eller parabelflyvninger bedre egnet for denne type eksperimenter. Romstasjonens største fortrinn er mulighetene for lange perioder med eksponering for mikrogravitasjon.

Nanoteknologi har i de siste årene vært et satsningsområde for både NTNU og SINTEF, UiO har også aktivitet innen området.

Nanoteknologi oppsto som fagområde etter at naturvitenskapen beveget seg langt under mikrometeren i sin forskning og anvendelse. I dag kan man studere, manipulere og kontrollere materialer og stoffer helt ned til 0.1 – 100 nm, det vil si, helt ned til atomnivå.

Mulighetene som åpner seg ved å kunne sette sammen atomer og molekyler til nye stoffer, med nye egenskaper, er nesten ubegrenset.

Nanoteknologi og romfart har gjensidig nytte av hverandre, og åpner for flere interessante aspekter. Romfarten trenger nye, lette, strålingsbeskyttende materialer nødvendig for å kunne håndtere det ekstreme miljøet som Verdensrommet utgjør, og vektløshet kan være et nyttig verktøy for å utvide forståelsen for hvordan konveksjons- og sedimentasjonsprosesser påvirkes av de fysiske og kjemiske reaksjonene på nanonivå.

Under veiledning av professor Jon Otto Fossum gjennomførte studenter fra NTNU i 2009 forsøk på en av ESA sine parabelflyvninger for å studere hvordan nanopartikler av leire oppfører seg i vektløs tilstand. Gruppen tror slike forsøk kan gi kunnskap som trengs for å lage nye materialer, kanskje til og med i Verdensrommet, hvor tyngdekraften ikke vil forstyrre materialprosesseringen^{viii}.

Ved NTNU, nærmere bestemt Institutt for fysikk og Institutt for biologi, har forskningsgruppen ledet av professor Anders Johnsson og Tor-Henning Iversen siden 1980-årene benyttet mikrogravitasjon som verktøy for å forstå og beskrive gravitasjonens betydning for tilvekstprosesser og balansesystemer hos organismer, hovedsakelig celler og planter.

Gruppens forskning har vært internasjonalt anerkjent gjennom flere 10-år, og så sent som i 2009 bidro et av deres mikrogravitasjonsforsøk til å gi svar på et gammelt, vitenskapelig spørsmål, først beskrevet av Darwin.

Darwin beskrev i flere bøker om planter vekst hvordan plantenes eget interne system genererte rotasjonsbevegelser i voksende skuddspisser. Professor i fysikk Anders Johnsson utfordret på 60-tallet denne hypotesen med å hevde at planter roterende vekstmønster - eller circumnutasjoner - i hvert fall i noen planter kunne være et produkt av gravitasjonskraftens påvirkning.

Resultatene fra de siste eksperimentene på romstasjonen støtter en forklaring som kombinerer hypotesene fra Darwin og Johnsson.

Eksperimentet Multigen-1 ble gjennomført på romstasjonen i 2008. Multigen-2 og 3 er også godkjent, og venter på teknisk og programmatisk implementering.

Norges Veterinærhøyskole (NVH) har i en årrekke arbeidet med sebrafisk som et ledd i forskning på osteoporose. Man ønsker å undersøke hvordan genmodifiserte sebrafisker påvirkes av mikrogravitasjon. Prosjektet er et internasjonalt samarbeid og har industrideltagelse.

Sebrafisk er en liten akvariefisk som har alle sine gener kartlagt⁴⁴, og blant cirka 40 % av disse finnes det en motpart hos mennesket. Forskergruppen er ledet av Peter Aleström, og fokuserer på dyrking og karakterisering av embryonale stamceller fra sebrafisk og yttermiljøets påvirkning på fiskens reguleringsgener. Hovedfokuset for eksperimenter i vektløshet er hvilken betydning tyngdekraften har på utvikling og dannelse av beinmasse, fra gen til funksjonelle proteinstrukturer.

Økt forståelse av disse prosessene, og utviklingen av tiltak for å motvirke tap av beinmasse, vil ha stor betydning for livskvalitet både på Jorden og i rommet. Eksperimentene med tittel "Small fish as whole genome modell system for space flight physiology" og "Advanced research in space: Exploiting stem calls" ble valgt ut av ESA i 2009, og venter på teknisk implementering for gjennomføring på romstasjonen.

Ved NTNU Samfunnsforskning A/S i Trondheim, avdeling CIRiS, er hovedaktiviteten i dag knyttet til N-USOC-prosjektet og arbeid med å støtte ESA og forskermiljøene med å planlegge, utvikle, integrere og gjennomføre eksperimenter om bord på romstasjonen.

⁴⁴ <http://zfin.org>

Forbedring av lagring, foredling, distribusjon og utnyttelse av vitenskapelig data fra romstasjonen er et viktig fokusområde for gruppen, og tema for flere aktiviteter, blant annet deltagelsen i et treårig EU-prosjekt sammen med 18 europeiske partnere.

Også i fremtiden vil mikrogravitasjon være et spennende verktøy i en verden der både natur, samfunn og vitenskap er utviklet med tyngdekraften som en konstant vektor. Studier av gravitasjonsrelaterte og påvirkede prosesser, og studier av fenomener som kun opptrer i mikrogravitasjon vil ha mange interessante anvendelser innen grunnforskning. Forlengelsen av romstasjonens levetid på 10-18 år tillater ny optimisme, og muligheter for å tenke nye tanker, og bedre forstå og utnytte betydningen av tyngdekraften i den verden vi lever i.

Hva betyr vektløshet for en verden der natur og samfunn, og vitenskapen om dem begge, er utviklet med 1 g som konstant vektor?

Utfordringene står i kø, og en revidering av dagens forsknings- og utviklingsprogram, og tilnærming til forskningsmiljøene, i ESA og EU, men spesielt nasjonalt, vil være påkrevd.

I de siste 20 årene har det vist seg svært krevende å hevde seg i konkurransen om ressursene innen mikrogravitasjonsforskningen, og som resultat er det stort sett de samme miljøene som er involvert i dag, som for 20 år siden.

Begrensede muligheter til å fly eksperimenter har gjort, og gjør, at mikrogravitasjonsforskning vanskelig kan planlegges som hovedfokus for en akademisk karriere. Manglende finansieringsmuligheter innenfor grunnforskningen gjør det også lite realistisk at norske institutt og universitet skal inkludere mikrogravitasjon som satsningsområde med dedikerte ressurser.

Rekruttering av nye brukere til mikrogravitasjonsforskningen er på flere måter en kritisk aktivitet som er forsømt. I tillegg til at de fleste av miljøene som har vært dominerende i de siste 20 årene nå går gjennom et generasjonsskifte, er det klart at fokuset må være på å synliggjøre hvordan vektløshet kan være et verktøy og hvordan det er tilgjengelig for norske forskere.

Det vil være viktig å nå ut med god informasjon om mulighetene med mikrogravitasjon som verktøy til mange fagmiljøer innen et bredt spekter av fag og disipliner. Informasjonen må nå hver forsker på en måte som synliggjør mikrogravitasjon som en reel mulighet når valg av metode og verktøy for forskning og utvikling skal gjøres.

Brakerstøtte tilbys forskermiljø som får mikrogravitasjonseksperimenter godkjent av ESA. Brakerstøtten utføres av industri og USOC⁴⁵/ESA-personell. Denne støtten har likevel sine begrensninger, og kan utvides på flere måter.

For at vektløshet skal bli et reelt verktøy for flere forskere kreves det først og fremst et støtte- og informasjonsapparat som kan styrke forskningsmiljøene med hjelp til eksperimentdesign og informasjon om mulighetene og begrensningene ved de ulike mikrogravitasjonsplattformene.

Uten nasjonal brakerstøtte er det lite sannsynlig at vi får se norske forskere lede mikrogravitasjonsforsøk i fremtiden.

Det burde ikke være nødvendig for hver enkel faggruppe å bygge opp sekundær kompetanse i forhold til utvikling, planlegging, integrasjon og operasjon av eksperimenter i romstasjonsprogrammet. Denne støtten og vedlikehold av en nasjonal informasjonsstrøm til universitets- og industrimiljøer om mulighetene romstasjonen og mikrogravitasjon tilbyr, kunne besørges ved å opprette en nasjonal plattform for brakerstøtte til mikrogravitasjonsforskningen.

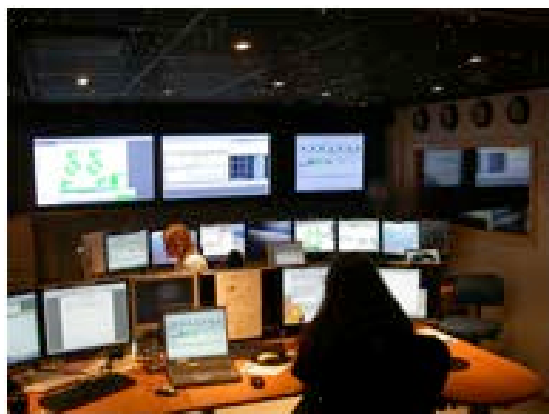
⁴⁵ User Support and Operations Centre (USOC). Det finnes ni USOCs som under styring fra ESA utfører de fleste oppgaver knyttet til forberedelse og operasjoner av vitenskapelige eksperimenter om bord på romstasjonen.

Uten en nasjonal støtte av denne typen er det lite sannsynlig at vi får se norske forskere som ledere og koordinatore for mikrogravitasjonsforskning i fremtiden.

Ønske og krav til effektiv bruk av ressurser tilsier at man må gjøre en avveining mellom å rekruttere bredt og gjenbruke utstyr og protokoller som allerede finnes for romstasjonen. Utvalgelse av eksperimenter hvor konsortium av forskere, som kan dele på data og gjenbruke utstyr og protokoller, vil være en måte å optimalisere gevinsten av investeringer som har vært gjort og som nå planlegges med tanke på 10-18 nye år med forskning på romstasjonen.

Skal man i løpet av disse nye årene kunne dra nytte av romstasjonen som en unik forskningsinfrastruktur, må utnyttelsen støttes med nasjonale følgeforskningsmidler. En inkludering av romstasjon i det nye nasjonale programmet for romforskning fra 2011-2012 vil være nødvendig. De nasjonale programmene må koordineres med EU sine rammeprogrammer, som også vurderer å inkludere romstasjonen som en del av den europeiske forskningsinfrastrukturen.

Arbeid med en felles europeisk datapolicy for mikrogravitasjonseksperimenter må styrkes, og legge til rette for nødvendig informasjonsflyt, distribusjon og samarbeid. Målet må være at norske miljø kan utnytte data fra all mikrogravitasjonsforskning som gjøres ombord på romstasjonen.



Kontrollrommet ved det norske brukersenteret for romstasjonen. Sentret yter per i dag støtte til norske og internasjonale biologiforskere. Sentret støtter også den norske og europeiske satsningen på rombasert utnyttelse av AIS. Bilde: CIRIS/N-USOC.

4.4 Romstasjon som plattform

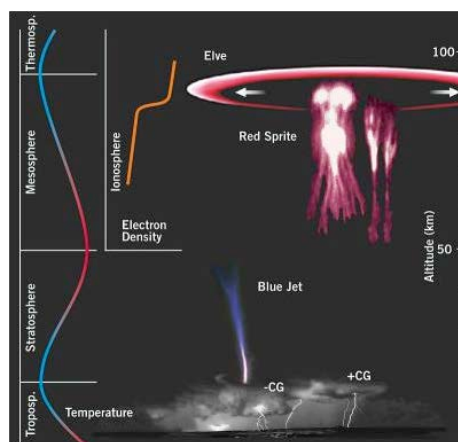
Romstasjonen er kanskje mest omtalt for det unike miljøet som vektløshet utgjør, og den muligheten det åpner for ny og spennende forskning. Men romstasjonen har også flere unike anvendelsesområder, et av dem blir veldig klart når man studerer bildene fra Cupola.



JAXA-astronaut Soichi Noguchi nyter utsikten fra Cupola. Bilde: NASA.

Romstasjonen kan i tillegg tilby god energiforsyning, tilnærmet kontinuerlig kommunikasjonsdekning, noe begrenset servicetilgang fra astronauter og spesialkonstruerte moduler for montering av nyttelast på utsiden av stasjonen. Romstasjonen går dessuten i en lavere bane enn de fleste satellitter.

Denne kombinasjonen gjør at romstasjonen for noen formål vil være bedre egnet som plattform for observasjon av Jorden enn en tradisjonell satellitt. Denne måten å tenke på romstasjonen er enda noe ny, og kan møte noe motstand, men prinsippet er allerede tatt i bruk av flere prosjekter hvor også norske aktører deltar.



Figur som viser fenomenene som ASIM skal studere. Illustrasjon: UiB/Romfysikkgruppen.

FFI på Kjeller har siden 2003 arbeidet med satellittbasert mottak av digitale radiosignaler fra skip som informerer om skipenes identitet, posisjon, kurs og hastighet via den såkalte AIS⁴⁶-standarden. Arbeidet var fra starten av rettet mot utvikling av rombasert AIS for global havovervåkning og fartøysporing.

Installering av VHF-antenne og mottakere på romstasjonen viste seg å være en rask måte å komme i gang med eksperimentering og innsamling av AIS-data, tilhørende miljødata og evaluering av signalmiljø og tjenestekvalitet.

Denne informasjonen vil være veldig nyttig i utviklingen av bedre AIS-mottakere for et satellittbasert AIS. ESAs fremtidige aktiviteter innen AIS vil hovedsakelig skje i ARTES programmet.⁴⁷

Kongsberg Seatex AS, Trondheim, bygget i samarbeid med FFI deler av AIS utstyret som nå er i bruk ombord på romstasjonen og på AISSat-1 som ble skutt opp 12. juli 2010.

Universitetet i Bergen, Romfysikkgruppen jobber i samarbeid med ESA med et prosjekt kalt ASIM⁴⁸, som søker bedre å forstå fenomenet med gammastråling som synes å oppstå i forbindelse med tordenvær. Når det lyner, sendes det samtidig ut et gammastrålingsutbrudd som kan observeres fra Verdensrommet. Det norske ASIM teamet inkluderer også forskere fra Institutt for Fysikk ved NTNU. Eksperimentutstyret, som regnes for å være klar for bruk fra 2013, skal plasseres på de eksterne nyttelastplattformene på romstasjonen.

Romfysikk og jordobservasjon er områder hvor Norge har mange og sterke miljø, og det vil være viktig å formidle hvordan romstasjonen også kan være et verktøy for disse fagområdene når premissene for fremtidens eksperimenter og plattformer skal diskuteres i disse internasjonale miljøene.

I 2009 fikk ESA 46 forslag til hvordan romstasjonen kan brukes som plattform for jordobservasjon etter at de utlyste en invitasjon for ideer til jordobservasjonsmiljøene. Ingen av disse forslagene var ledet av norske forskningsmiljø.

⁴⁶ Automatic Identification System (AIS) er et obligatorisk egenrapporteringssystem for skip over 300 tonn. Skipene er utstyrt med en sender/mottaker som sender informasjon om posisjon, kurs, identitet og annen informasjon om fartøyet ut på VHF.

⁴⁷ Advanced Research in Telecommunications Systems (ARTES) er etablert for å finne innovative måter å utvikle og bruke satellittkommunikasjon på.

⁴⁸ Atmosphere-Space Interaction Monitor (ASIM).

4.5 Verktøy i Verdensrommet

Allerede i dag ser man at de første vellykkede forsøk på å leve og jobbe i Verdensrommet øker behovet og markedet for ny vitenskap, teknologi, metoder og konsepter for å kunne opprettholde en permanent tilstedeværelse i Verdensrommet.

De største utfordringene ved å leve og jobbe i Verdensrommet er knyttet til det ekstreme miljøet og de enorme avstandene som Verdensrommet utgjør.

De enorme avstandene vil gjøre forsyninger fra Jorden både tidskrevende og kostbart, og ekspedisjoner til Månen og Mars vil gi begrepet isolasjon en helt ny dimensjon. Fremtidige ekspedisjoner må i stor grad være selvforsynt ved å bruke regenerative livsstøttesystemer, resirkulering av ressurser og utnyttelse av lokale ressurser. Teknologi og konsepter for effektiv og sikker energiproduksjon og distribusjon må også utvikles. Stråling og vektløshet vil påvirke både mennesker og utstyr, og uten forståelse og verktøy for å beskytte seg mot slike miljøer vil romfart forbli en ekstremaktivitet forbeholdt noen få.

Dette kapittelet omtaler norske aktiviteter og aktører som har hatt, har eller har potensial for leveranser og anvendelser som er med å muliggjøre liv og leven i Verdensrommet, alt fra kontroll av luftkvalitet om bord på romstasjonen, til utvikling og drift av vitenskapelig utstyr til mikrogravitasjonsforskningen.

Rapporten deler her opp de hovedutfordringene som må løses for at menneskeheten for alvor skal kunne bevege seg ut i det nye grenselandet som Verdensrommet utgjør.

Hovedfokus ligger på utvalgte aktører og deres relevante aktiviteter, men delkapittelet beskriver også problemstillingene med hensikt å inspirere og utfordre flere aktører til å bidra med kunnskap og løsninger.

Noen av utfordringer og verktøyene som omtales i dette delkapittelet diskuteres videre i delkapittelet 4.7 *Romfart i næringsklynger*.

Fokuset for både dette delkapittelet og delkapittel 4.7 er teknologi og kompetanse som kan utvikles som bidrag til et globalt romfartssamarbeid og samtidig å adressere viktige tema for en verden med store utfordringer knyttet til energi og resirkulering.

De enorme avstandene i tid og rom vil gi begrepet isolasjon en helt ny dimensjon.

Energiproduksjon, lagring og distribusjon er områder hvor norske miljøer har lang og solid erfaring, men spesielt for rombaserte energisystemer er kravet til redusert masse, volum og vedlikehold, og økte krav til driftssikkerhet.

Bruk av brenselceller og nye typer energibærere, som hydrogen, har økende interesse både på Jorden og i rommet. Gjennom en rekke nasjonale og private satsninger over flere år kan flere norske miljøer i dag hevde seg i internasjonal konkurranse.

Ved Institutt for Energiteknikk (IFE) i Halden har man i samarbeid med CMR Prototech i Bergen gjennomført ESA-prosjekt rettet mot hydrogenlagring i metallhydrider for bruk i rommet. Dette er teknologi som er med på å muliggjøre bruk av brenselcellesystem om bord på romfartøy.

CMR Prototech har gjennom flere år gjennomført egne programmer for å utvikle små SOFC⁴⁹-anlegg for kombinert elektrisitet- og varmeproduksjon for bolig og industri, og reversible PEM⁵⁰-brenselceller, som kan produsere hydrogen fra energikilder når de leverer overskudd, for så å produsere ekstra strøm når primærkilden ikke leverer nok.

Flere norske bedrifter og forskningsmiljøer har også høy kompetanse på brenselceller og fornybar energi generelt. SINTEF og NTNU er av de største aktørene, og er involvert i en rekke prosjekt og teknologier.

I tillegg til teknologi- og konseptutvikling for selve energiproduksjonen, ligger det mange utfordringer i lagring og distribusjon av energien, og drift av energisystemene. Også her har Norge et bredt spekter av aktører med høy kompetanse.

Marintek og aktører i den maritime næringsklynge har omfattende operativ erfaring med energiforsyning om bord på skip og offshoreinstallasjoner, hvor man har lignende problemstillinger i forhold til masse, volum og driftssikkerhet som man ser for seg ombord på romskip og på baser på andre planeter.

⁴⁹ Fast oksidbrenselcelle (Solid Oxide Fuel Cell).

⁵⁰ Polymer-elektrolyttmembran (PEM).

Et stort nasjonalt utviklingsprosjekt og konsortium av aktører har, under navnet FellowSHIP, siden 2003 jobbet med utvikling av brenselcelleteknologi basert på brensel av naturgass⁵¹ for bruk i skipsmotorer

Eidesvik AS i Bømlo har også satset på et eget program for å utvikle brenselceller til bruk i skipsfart.

Brenselcelleteknologi har vært benyttet både i Apollo- og romfergeprogrammene, og vil høyst sannsynlig få en viktig betydning også ved fremtidige romferder. Forskning og utvikling av brenselceller for bruk innen romfart vil ha veldig god synergi med pågående og fremtidig satsning på brenselcelleteknologi for bruk på Jorden, og kan med sine ekstreme kravspesifikasjoner bidra til å tøye både teknologi og kapabilitet i de norske miljøene.

Stråling⁵² er i dag den viktigste enkeltstående barriere som står mellom oss og det nye grenselandet. Uten beskyttelse mot strålingsforholdene i Verdensrommet, vil all interplanetær reise og lange opphold på andre himmellegemer utgjøre en alvorlig trussel mot liv og helse.

Det meste av strålingen har opphav utenfor vårt solsystem, mens Solen utgjør den farligste strålingskilden i vårt solsystem. Ved opphold på andre himmellegemer må tilstedeværelse av lokale strålingskilder også vurderes.

Selv om Jordens magnetfelt og atmosfære i stor grad virker beskyttende, har planter, dyr og mennesker på Jorden vært utsatt for radioaktiv stråling helt fra livets morgen.

Alt liv har utviklet seg, og vi lever i et miljø med kosmisk stråling fra Verdensrommet, og med naturlig radioaktivitet i jord, luft og mat, samt faren for eksponering av stråling fra en rekke samfunnsnyttige formål innen medisin, forskning og industri^{ix}.

Ikke bare mennesker, men også annet liv vi måtte finne på å bringe med oss på reiser i Verdensrommet, må beskyttes mot strålingen. Mye av den moderne teknologien som er nødvendig for romfarten er i dag veldig sårbar for stråling, spesielt computer- og kommunikasjonsutstyr. Dette er allerede i dag et område av romvirksomhet med stort fokus

⁵¹ Liquefied Natural Gas (LNG).

⁵² Stråling er overføring av energi i form av bølger eller partikler. Stråling inkluderer elektromagnetisk stråling, akustisk stråling og partikkelstråling.

og mye strålingsherdede komponenter finnes allerede. En økt tilstedeværelse av mennesker i rommet vil øke antallet systemer og løsninger som også må være strålingsherdet.

I tillegg til å være et av de fremste miljø for energiforskning i landet, er IFE, på Kjeller og i Halden, sammen med Statens Strålevern, det miljøet i Norge hvor kunnskap og forskning på stråling står sterkest.

Ved IFE har man også lang erfaring med 3-D-visualisering, og de har gjennomført prosjekter med ESA, hvor man blant annet forsøkte å visualisere strålingsforhold rundt rominstallasjoner.

Teknologien, som gjør de kosmiske strålene synlige med hjelp av en datamaskin, gjør det enkelt å finne ut hvor strålingsfaren er størst, og hvilke doser astronauter og utstyr blir utsatt for i ulike sammenhenger. I første omgang er det utstyret som skal sikres, men på lengre sikt vil den samme teknologien kunne brukes for å påse at astronauter ikke utsettes for strålingsdoser som er farlige.

Selv om miljøet rundt IFE per i dag har liten eller ingen aktivitet relatert til romvirksomhet, ville en fremtidig nasjonal satsning på romfart kunne aktivere og kapitalisere på kompetansen ved IFE, i forhold til både stråling og energi. Kompetanse relatert til 3-D-visualisering og AR⁵³-teknologier er et eksempel.

Norge har relativt store bidrag til ESA sine teknologiprogrammer⁵⁴, og aktører med aktiviteter rettet mot verktøy i Verdensrommet vil ha gode muligheter for støtte i disse programmene.

I delkapittelet *5.8 Bevilgninger og satsninger* diskuteres mulighetene som finnes innenfor disse programmene for aktiviteter relatert til utviklingen av verktøy i Verdensrommet.

Helse og arbeidsforhold, og de som forsker på dette området, både fysiologisk og psykisk, har med bemannede ekspedisjoner ut i Verdensrommet funnet et nytt ekstremtilfelle å studere. For de som står ansvarlig for planlegging og gjennomføring av slike ekspedisjoner, er dette faktorer som er helt avgjørende for vellykkede oppdrag.

Gruppen "Society and Workplace Diversity", Psykologisk Fakultet ved UiB har i en årrekke studert hvordan man kan redusere sjansen for ulykker som skyldes menneskelig svikt og samarbeidsproblemer.

En god forståelse av psykososiale aspekter ved romfart, og forståelse og verktøy for å forutse og forebygge menneskelig og mellommenneskelige problemer og konflikter, vil være en forutsetning for fremtidens utvikling av romfarten.

Gruppen planlegger i årene som kommer flere eksperimenter blant astronauter på romstasjonen og personell på bakken, for å få mer kunnskap om hvilke psykologiske reaksjoner som kan oppstå under langvarige romfartsoperasjoner, og vil også i fremtiden sannsynligvis få en rolle av ESA innenfor utvelgelsesprosessen av astronauter.

Gruppen og deres aktiviteter er videre omtalt i avsnittet 4.7 Romfart i næringsklynger, hvor aktører og aktiviteter innen arbeids- og organisasjonsforskning diskuteres som et mulig norsk satsningsområde innen romfart.

I tillegg til utfordringer knyttet til den kosmiske strålingen, er vektløshet, eller partiell vektløshet, en utfordring ved lengre opphold i Verdensrommet. Selv om mottiltakene er teoretisk og teknologisk enkle, er de ofte svært kostnadsdrivende og utfordrende å inkludere som del av infrastrukturen til romskip.

Tap av bein- og muskelmasse er en av de store utfordringene man står ovenfor ved langvarig opphold i vektløshet. For at romfart skal bli en aktivitet hvor det mulig for forskere, ingeniører og turister å jobbe og leve i Verdensrommet, må man forstå og utvikle effektive mottiltak til tapet av beinmasse som man opplever i dag. Uten disse verktøyene vil romfart forbli ekstreme ekspedisjoner, kun utført av spesielt trente astronauter. Fagområdet har også stor prioritering hos de store romfartsaktørene med egne astronautkorps.

Systemer for atmosfærekontroll og resirkulering, også kjent som ECLSS⁵⁵, er i bruk ombord på romfartøy og ombord på romstasjonen. Systemene er nødvendige for å kontrollere miljøet i de lukkede atmosfærene, og samtidig redusere mengden forsyninger som må bringes fra Jorden.

⁵³ Augmented Reality (AR).

⁵⁴ General Support Technology Programme (GSTP) og Technology Research Program (TRP).

⁵⁵ Environmental Control and Life Support System (ECLSS).

Teknologien som brukes operasjonelt eller som reservesystemer på romstasjonen i dag er fysisk/kjemiske metoder for å regenerere brukt vann og urin tilbake til drikkevann, og for å vedlikeholde en atmosfære lik den på Jorden ved å produsere oksygen, fjerne karbondioksid, metan, ammoniakk og andre sporgasser fra menneskelig metabolisme.

Allerede i lav jordbane er gevinstene ved å resirkulere ressursene og redusere behovet for forsyninger betydelige. Bemannede ekspedisjoner, og spesielt permanente baser, utover i Verdensrommet vil ikke være realistisk uten en stor grad av selvforsynhet, enten ved resirkulering eller utnyttelse av lokale ressurser. Fysisk/kjemisk ECLSS-teknologi er derfor et stort og viktig fokusområde innen romfarten.

ESA og europeisk industri har over flere tiår jobbet med utviklingen av mer effektiv og driftssikker teknologi for atmosfærekontroll og resirkuleringssystemer. ARES-prosjektet⁵⁶ er et av ESAs initiativ for å teste denne teknologien om bord på romstasjonen. Systemet benytter teknologi som fjerner karbondioksid og produserer oksygen på en måte som muliggjør bruk av bi- og mellomprodukt i brenselceller og metanpyrolyse⁵⁷.

CMR Prototech i Bergen bidrar til ARES-prosjektet med sin kompetanse på brenselceller og erfaring med å tilvirke strukturelle komponenter for satellitter, bæreraketter og eksperimentelt utstyr til romstasjonen.

Fysisk/kjemiske systemer for atmosfærekontroll, rensing og regenerering har også store anvendelsesområder her på Jorden, fly, skip, ubåter, industribygg og laboratorier med spesielle krav er noen eksempler. De mest ambisiøse prosjektene i dag tar sikte på intet mindre enn å kontrollere den globale karbondioksidkonsentrasjonen i Jordens atmosfære.

Ikke mindre ambisiøst er forsøkene på å gjenskape og kontrollere resirkuleringen av næringsstoffer og mineraler i Jordens økosystem i kontrollerte, lukkede økosystem, også navngitt CELSS⁵⁸. Forskning og utvikling knyttet til disse utfordringene har dessverre ikke sett lignende prioritering som for fysisk-

kjemiske systemer. Målet med teknologien er imidlertid lignende; å redusere mengden forsyninger som må transporteres ved lange ekspedisjoner og opphold utenfor Jorden-Månen-systemet.

Konseptene og teknologien for å resirkulere næringsstoffer og mineraler i biologiske livsstøttesystemer har vært studert gjennom flere tiår, og inkluderer ambisiøse prosjekter som BioHome (NASA), BIOS-3 (Sovjetunionen) og Biosphere 2 (Privat initiativ), men har i dag ikke nådd et modenhetsnivå som er relevant for uttesting på romstasjonen.

Ekstremt komplekse problemstillinger og systemer, fragmentert forskning og utvikling med fokus og motivasjon i grunnforskningen har gitt få muligheter til å studere samvirke mellom ulike biologiske prosesser og mellom biologi og utstyr.

Det ESA koordinerte MELiSSA⁵⁹-prosjektet er i dag et av de mest ambisiøse forsøk på en helhetlig tenkning i utviklingen av de ulike teknologiene som trengs for et rombasert CELSS.

Målet med MELiSSA er å utvikle et mikrobiologisk og hortikulturbasert økosystem, hvor vann og oksygen gjenvinnes og spiselig biomasse produseres fra karbondioksid og avfallsprodukter i den menneskelige metabolismen. Teknologiene som har hovedfokus per i dag er relatert til regenerering og resirkulering av vann, nedbrytning av avfall og fiber, luftregenerering og biologisk sensorteknologi.

NTNU Samfunnsforskning A/S, avdeling CIRiS, har i de siste årene bidratt til MELiSSA med sin kompetanse fra mikrogravitasjonsforskningen på planter og design, integrasjon og drift av plantedyrkningssystemer om bord på romstasjonen. Effekter av kosmisk stråling og partiell gravitasjon på denne type biologiske regenerative systemer er også et av fokusområdene for gruppen.

Selskapet jobber strategisk for at dagens kompetanse og aktiviteter skal utvides og videreføres i fremtidige romfartsprogrammer, og vil være en sentral norsk aktør i utforskningen og utnyttelsen av Verdensrommet. Konsepter og teknologier for produksjon av mat, med hovedfokus på planter,

⁵⁶ "Air REvitalisation System" (ARES).

⁵⁷ Spalting av sammensatte, fortrinnsvis faste, organiske, kjemiske forbindelser til nye produkter ved hjelp av oppvarming uten tilgang på luft.

⁵⁸ Controlled Ecological Life Support Systems (CELSS).

⁵⁹ "Micro-Ecological Life Support System Alternative" (MELiSSA) er et internasjonalt utviklingsprogram for et mikrobiologisk og plantebasert økosystem. Systemet skal fungere som et regenerativt livsstøttesystem under lange romferder, hovedsakelig Mars.

i CELSS med tanke på fremtidige rombaser utenfor Jorden-Månen-systemet er prioritert. Mange av de konsepter og teknologier som utvikles for bruk i biologiske livsstøttesystemer har stor relevans for dagsaktuelle problemer her på Jorden. Regenerative systemer for rensing av vann og kloakk, resirkulering og kontroll av næringsstoffer fra jordbruk og planteproduksjon i kontrollerte drivhus er de mest aktuelle.

... menneskeheten har tatt kontroll over spakene på "romskipet Jorden", men synes å ha forsømt kunnskap og teknologi om Jordens livgivende systemer.

Generelt sett er all teknologi som utvikles for disse systemene å regne som "cleantech", med gode anvendelsesmuligheter i en verden der menneskene har tatt kontroll over spakene på "romskipet Jorden", men også her synes de å ha forsømt kunnskap og teknologi om Jordens biologiske livsstøttesystemer.

I en verden med eksploderende befolkningsvekst er kompetanse og teknologi som kan åpne for matproduksjon i ufruktbare og karrige områder, og samtidig produsere rent drikkevann, i stedet for å forbruke det, alt for viktig til å overse.

Denne teknologien er i det store og hele den samme teknologien som man må utvikle for å kunne opprettholde bosetninger på Mars og andre himmellegemer utover i Verdensrommet.

Utvikling av sensorteknologi som trengs for å overvåke og kontrollere funksjon og effektivitet til både fysisk/kjemiske og biologiske livsstøttesystemer, har høy prioritet. Mye av den teknologien som trengs er enda på tegnebrettet, men lyspunkter med deltagelse fra norske miljøer finnes allerede i dag.

SINTEFs avdeling i Oslo har i samarbeid med en tysk industribedrift, på oppdrag av ESA, utviklet en teknologi som tillater gassmålinger med en unik nøyaktighet og mengde sporstoffer. Systemet som er gitt navnet ANITA⁶⁰ har gjennomført en vellykket testfase om bord på romstasjonen. Teknologien vil sannsynlig bli utviklet for permanent bruk på romstasjonen.



NASA astronaut Clayton Anderson ved siden av ANITA ombord på romstasjonen like etter utstyrets ankomst til utposten. Bilde: NASA.

I de ekstreme miljøene som de lukkede systemene om bord på romfartøy utgjør, er det av høy viktighet å overvåke og kontrollere atmosfære og luftkvalitet om bord. Systemer som ANITA vil derfor mest sannsynlig bli standardutstyr på alle fremtidige romfartøy.

4.6 Roboten – Menneskets venn

Robot, fra det tsjekkiske ordet robota, som betyr arbeid, beskrives best som en mekanisk og programmert enhet som utfører oppgaver for å hjelpe mennesker, og helst i henhold til robotikkens tre regler definert av Isaac Asimov i 1942.

Når menneskets interesser og utfordringer fører oss til områder med ekstreme miljø, er roboter og sonder som stifinnere den løsningen vi ofte velger. Den rivende utviklingen innen robotikken tillater oss å benytte roboter oftere og på stadig bedre måter.

At våre roboter og sonder er, og blir, de første som besøker solsystemets fjerne og nære krokar på vegne av menneskeheten, er lite kontroversielt, og vil også i framtiden være den naturlige tilnærmingen til utforskning og utnyttelse av Verdensrommet.

Fram til nylig har valget vært mellom mennesker og roboter, men etter hvert som teknologien utvikler seg, og påliteligheten øker, vil man oftere se at roboter og mennesker jobber side om side. Dette er også tanken bak en ny generasjon robotteknologi som NASA og General Motors (GM) i samarbeid utvikler for bruk ombord på romstasjonen.

⁶⁰ Analysing Interferometer for Ambient Air (ANITA).

Robotprototypen, med navnet R2, ankom romstasjonen allerede i 2010 og har siden blitt brukt til å utføre oppgaver inne i romstasjonens laboratorium, hvor den utsettes for vektløshet, stråling og elektromagnetiske forstyrrelser, vibrasjoner og vakuum. Et viktig aspekt av testingen er også å kartlegge hvordan roboten jobber side om side med astronautene.

**De interessante
meningsutvekslingene
oppstår når man diskuterer
hvor og hvorfor vi
mennesker skal følge våre
mekaniske venner i vår
utforskning...**

Planen er å utvikle R2-konseptet slik at den kan bevege seg mer fritt rundt i romstasjonen, og på sikt kunne påta seg oppgaver på utsiden av stasjonen.

Testing av ny teknologi og konsepter inne i romstasjonen på denne måten, gir gode muligheter for å oppdatere maskinvare og programmering, hvis det skulle være ønskelig.

Denne tilnærmingen utgjør et stort potensial for mange fremtidige teknologiprojekt. Også det norske AIS-prosjektet på romstasjonen baserer seg i stor grad på muligheten for interaksjon fra astronauter.

Det er i dag ingen klar definisjon på hva som er en robot. Mange vil for eksempel utelukke fjernkontrollerte enheter, siden de ikke har programmering som styrer deres handlinger.

Her velger vi likevel å definere robot noe bredere, og inkludere alt som kan oppfattes som kunstige hjelpere, speidere og følgesvenner for oss mennesker.

ROV⁶¹ er en robot som blir fjernkontrollert fra et operasjonsrom. Konseptet er mest kjent for sin anvendelse i fjernstyrte undervannsfarkoster med oppgaver som detaljert kartlegging av havbunn, inspeksjon, vedlikehold og reparasjon av havbunnsinstallasjoner.

Teknologien er også godt anvendt i mange aspekter av dagens samfunn, og brukes der det ikke er hensiktsmessig, enten økonomisk eller

operasjonelt, å programmere oppgavene på forhånd, og hvor man ønsker å begrense menneskers fysiske tilstedeværelse, men beholde vårt dynamiske kapasitet for analyse og beslutninger.

AUV⁶² er selvgående undervannsroboter som oftest opererer etter forut lagrede operasjonsplaner. Teknologien er ofte ansett for å være nært beslektet med ROV, men har noen klare forskjellige teknologibehov og operative anvendelsesmuligheter. AUV opererer uten kabler til overflaten, og må som følge av dette ha egen energiforsyning, og gir mindre mulighet for direkte intervensjon fra operatører.

De fleste AUV er elektrisk drevet ved hjelp av batteri eller en brenselcelle som kraftkilde, og benytter akustiske kommunikasjonssystemer for å oppdatere programmering og interaksjon mens systemet er i drift.

Norske miljøer, med FFI, Kongsberg Maritime, Statoil og Sjøforsvaret i spissen, har gjennom de siste 15 årene utviklet AUV-konseptet kjent som Hugin, systemet er i produksjon, og markedsføres av Kongsberg Maritime som det eneste av sitt slag i det kommersielle markedet.

Hugin har siden 1997 tilbakelagt 120 000 km – mer en tre ganger rundt Jorden – med kommersielle oppdrag ned til 4500 meters dyp, og opp til 72 timer i strekk.

Problematikk knyttet til tidsforsinkelser mellom en kommando sendes, og til den får effekt, har lignende utfordringer for AUV og operasjon av roboter dypt ute i Verdensrommet. Robotene må ha systemer og programmer som må ta høyde for at resultatet av kommandoer vil komme lenge etter at handlingen er utført. Denne type problematikk forsøker man å løse ved å designe roboter med så intelligente systemer for autonom beslutningsstøtte som mulig.

Ved NTNU jobber man med å opprette et senter kalt AUR Lab⁶³. Bak initiativet står både teknologer, biologer og arkeologer – i tillegg til Vitenskapsmuseet, en annen avdeling av NTNU. Startpunktet er de to ROV som NTNU allerede har i utstyrsparken, og AUV-teknologi vil stå sentralt i utviklingen av nye system. Målet er å kombinere kunnskap fra offshoreindustri og marinbiologi for å utvikle og ta i bruk nye verktøy for å samle inn data fra havområdene våre.

⁶¹ Remotely operated vehicle (ROV).

⁶² "Autonomous underwater vehicle" (AUV).

⁶³ "Applied Underwater Robotics Lab" (AUR Lab).

UAV⁶⁴ er luftfartøy som opererer uten mannskap, enten ved programmering på samme måte som AUV, eller via fjernkontroll av en eller flere operatører. Innen militære anvendelser, hvor teknologien er mest brukt, er det vanlig med en kombinasjon av disse funksjonene.

NORUT⁶⁵ har gjennomført prosjekter hvor UAV-teknologi benyttes som plattform for sivil forskning, ressurskontroll og overvåkning i nordområdene. Konseptet er kostnadseffektivt, og tillater et bredt spekter av nyttelaster, kartlegging av snømengder, beiteområder, dyretelling, værmelding og levering av hurtig sanntidsinformasjon ved naturkatastrofer.

Denne type anvendelser av UAV åpner muligheter for god vekst og utvikling av norsk kompetanse relatert til UAS⁶⁶-teknologi.

Det er grunn til å tro at fremtiden vil bringe en økende mengde ekspedisjoner med sonder og roboter for å utforske Solsystemet, og mange av disse vil ha som delmål å kartlegge mulighetene for en menneskelig utforskning og tilstedeværelse.

På grunn av langsiktig prosjektering og lange utviklingsfaser vil mulighetene for nye aktiviteter de nærmeste årene være små. Planene for program som ExoMars er mer eller mindre lagt frem til 2020.

Med et perspektiv på 10-20 år vil det også være meget interessant å diskutere med norske aktører hvordan den høye kompetansen og praktiske erfaringen med robotteknologi vil kunne bidra til fremtidens utforskning og utnyttelse av Verdensrommet. Viktig vil det også være å kartlegge hvordan romfartsrelaterte prosjekter kan bidra til å styrke den eksisterende kompetansen og verdiskapningen hos norske aktører.

FFI på Kjeller har kontrakter for å utvikle teknologi til ExoMars-programmet og farkostene som skal sendes til MARS. Prosjektet er kjent som WISDOM⁶⁷, og utgjør en spesiell geo-radar som kan se geologiske strukturer under bakken. Data fra den norske radaren vil brukes som grunnlag når man bestemmer hvor roboten skal begynne å bore etter prøver. Å bore på feil sted vil i beste fall kaste bort kostbar tid, men kan føre til begrenset levetid eller ødelagt utstyr.

Teknologien kan også brukes til å bekrefte hvor Mars skjuler is eller flytende vann, som vil være kritisk for framtidige bemannede ekspedisjoner.

ExoMars er et samarbeidsprogram mellom ESA og NASA, hvor forberedelsene allerede er godt i gang. De foreløpige planene er en første ferd til Mars i 2016, en andre i 2018 og muligens en tredje noe etter 2020.

Verdensrommet er "Det nye havet", hvor begrepet rom sjø virkelig får en ny mening.

⁶⁴ Unmanned Aerial Vehicle (UAV).

⁶⁵ Northern Research Institute (NORUT) er et forskningskonsern bestående av tre forskningsinstitutt, med lokalisering og fokus på nordområdene.

⁶⁶ Unmanned Aerial Systems (UAS).

⁶⁷ Water Ice and Subsurface Deposit Observations on Mars (WISDOM).

4.7 Romfart i næringsklynger

Romfart og romvirksomhet krever i stor grad kompetanse innen samme type fagdisipliner som de fleste teknologikrevende næringer i Norge; elektronikk, kybernetikk, matematikk, biologi, juss og økonomi for å nevne noen eksempler.

Ulike næringer krever i tillegg kompetanse knyttet til anvendelsesområdet, f.eks. maritime miljø eller luftfart, samt kunnskap om næringen og dennes betingelser i seg selv.

Romvirksomhet og romindustrien, som romfart er en del av, er særdeles krevende som både anvendelsesområde og næring, hvor krav til kvalitet og driftssikkerhet, spesielt for romfart, har få eller ingen paralleller i andre næringer. For forhold knyttet til kontroll og reguleringer av sensitiv teknologi og informasjon, er det nok bare forsvarsindustrien som virker under like strenge vilkår.

Med dagens norske satsning på romfart vil en strategi for norske aktører som underleverandører til ESA og internasjonale hovedkontraktører fortsette å være den mest suksessfulle.

Ved en økt satsning på romfart bør vi vurdere en ny type strategi for involvering av forskning og industri.

En satsning på romfart bør gjøres inn mot miljøer der kompetansen på eksisterende anvendelsesområder er mest mulig lik den som trengs for romfart. Dette vil gi bedre mulighet for å utveksle kompetanse mellom romfart og andre næringer.

Dette kapitlet presenterer noen norske miljø med potensial for en vellykket satsning på romfart som anvendelsesområde og næring.

Hovedfokus er på FFI som en spydspiss innen forsvarsindustrien og MARINTEK som nav i maritim og offshore næring.

MARINTEK - Norwegian Marine Technology Research Institute er en forskningsbedrift i SINTEF-gruppen med fokus på teknologiforskning og utvikling innen shipping, skipsbygging, offshore, olje og gass og maritim næring og industri.

Bedriften har et tett samarbeid med NTNU gjennom forskning, utdanning og bedriftskontakter, og disponerer en stor, avansert og unik forsøkspark i Trondheim, som blant annet inkluderer havbasseng, skipsmodelltank og laboratorier for marine strukturer.

En av mulighetene og scenario for fremtidens satsning på romfart som vektlegges i denne rapporten er koblingen mellom hav og rom. I dette scenarioet utgjør MARINTEK en av de mest interessante og sentrale aktørene.

Instituttet har i mer en 20 år hatt et mer eller mindre kontinuerlig samarbeid med ESA, hvor kompetanse på vedlikeholdsrutiner, analyser og leveranser av deler, opparbeidet innen offshore og shipping, har funnet stor nytte i ESAs romfartsprogrammer. Et eksempel på at veien fra sjø til rom egentlig ikke er så lang.

Erfaring med vedlikehold og drift av skip og installasjoner i Nordsjøen har klare likhetstrekk med rommet, skulle en del ryke uten å ha tilgang på reservedeler, har man liten eller ingen mulighet for på kort sikt å etterforsyne installasjonene. Dette er spesielt viktig ved små produksjonsserier, deler det bare finnes noen få av, og som det ikke er kostnadseffektivt å utvikle industrielle systemer for å kontrollere.

I store, internasjonale prosjekter utgjør organisatoriske egenskaper, rette personlige relasjoner, kulturforståelse og forståelse for industripolitikk i andre land og regioner et veldig viktig aspekt.

Et av scenarioene som fremheves i denne rapporten, er en satsning på fremtidig romfart i sammenheng med fremtidssatsningen som vil, og må gjøres, innen den Norske Maritime Næringsklynge.

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) på Kjeller er en statlig forskningsinstitusjon underlagt Forsvarsdepartementet med ansvar for forskning og utvikling for Forsvarets behov. FFI er et tverrfaglig institutt, med sterk representasjon innen fagene matematikk, fysikk, informasjonsteknologi, kjemi, biologi, medisin, psykologi, statsvitenskap, historie og økonomi.

Allerede på slutten av 1950-tallet var FFI sentral i utvikling av norsk romvirksomhet og pådriver for norsk medlemskap i den europeiske romorganisasjonen ESRO. Institusjonen har med sin lange historie^x vært involvert i en rekke av romrelaterte prosjekter. Hovedfokus har tradisjonelt vært på ionosfæreforskning og utvikling og utnyttelse av satellittdata.

Forskere på FFI leder, i samarbeid med flere norske aktører, både den norske og ESAs satsning på å utvikle et satellittbasert AIS. Dette inkluderer også arbeidet med å teste AIS-signalbehandling med AIS-mottakere om bord på romstasjonen.

FFI har med sin kompetanse på navigasjonssystemer, menneske-maskininteraksjon, batteriteknologi og databehandling vært sentral i utviklingen av HUGIN-konseptet, og fungerer i dag som en underkontraktør til industrien.

FFI sin fremste oppgave er å ivareta det norske Forsvarets behov. Men med sitt sterke fokus på framtidige behov for forskning og utvikling gjennom solid fagkompetanse og bred forståelse for teknologiske trender, industriell utvikling og etiske samfunnsansvar, vil instituttet være en attraktiv samarbeidspartner for de fleste romfartsrelaterte prosjekt.

Gjennom utstrakt samarbeid med andre vitenskapelige forskningsmiljøer, tett dialog med premissleverandører, god balanse mellom langsiktig forskning, strategisk rådgivning, teknisk utvikling og forskningsbaserte konsulentoppdrag, vil miljøet rundt FFI kunne bidra sterkt til å utvikle nye mer rendyrkede romfartsaktører i Norge.

Kongsberggruppen er et internasjonalt teknologikonsern med hovedkontor på Kongsberg. Konsernets formål er å drive teknologisk og industriell virksomhet innen maritime, forsvar og tilknyttede områder. I 2009 var omsetningen på 13.8 milliarder kroner, med 5423 ansatte i mer enn 25 land.

Staten ved Nærings- og handelsdepartementet er største eier med 50.001 % av aksjene.

Konsernet ble etablert i 1987 under navnet Norsk Forsvarsteknologi, i kjølvannet av konkursen i det tidligere statlige selskapet Kongsberg Våpenfabrikk.

Konsernet har i dag to operative foretak: Kongsberg Maritime og Kongsberg Defence Systems, som begge fokuserer på leveranser av systemer for beslutningsstøtte fra kommando- og våpenkontrollsystemer til kommunikasjonsløsninger og automasjons- og overvåkningssystemer.

Miljøet rundt Kongsberggruppen har levert komponenter og tjenester til flere store satellitter og romfartøy, Mars og Venus Ekspress er to eksempler.

De sentrale kompetanseområdene som ligger til grunn for begge forretningsområdene, er signalbehandling, kybernetikk, programvareutvikling og systemintegrering.

Staten har med sitt eierskap som mål å videreutvikle norsk kunnskapsindustri, og å sikre en norsk forankring av selskapet med utgangspunkt i miljøet som er bygget opp på Kongsberg, og vil med sin eierandel sikre og videreutvikle de økonomiske verdiene i konsernet, og oppnå avkastning på investert kapital.

Kongsberg Defence Systems (KDS) har i mange år levert mekanismene som fester og separerer startmotorene fra hoveddelen på den europeiske Ariane 5-raketten. Selskapet har per i dag sikret seg kontrakter som varer frem til 2014, og inkluderer leveranse av mekanismer til 35 bæreraketter.

KDS er en del av Kongsberggruppen.

Kongsberg Seatex AS i Trondheim er verdensledende innen avanserte instrumenterings- og posisjonsløsninger i olje- og gassmarkedet offshore, og andre profesjonelle maritime markeder. Et av hovedområdene er AIS, og Kongsberg Seatex har frem til i dag levert over 250 AIS-basestasjoner på verdensbasis.

Bedriften har også vært med i utviklingen av den maritime utnyttelsen av Galileo siden oppstartfasen i 1997.

Bedriften er en av få i Norge som har levert utstyr som i dag flyr på romstasjonen.

Kongsberg Seatex er en del av Kongsberggruppen.

Kongsberg Spacetec er en verdensledende leverandør av bakkestasjoner for jordobservasjons og metrologiske satellitter. Forretningsideen er nøkkelklare installasjoner med tilleggsløsninger som opplæring, vedlikehold og støtte.

Selskapet leverer per i dag produkter og tjenester til kunder over hele verden, og har kontinuerlig hatt NASA på kundelisten siden 2003.

Kongsberg Spacetec er en del av Kongsberggruppen.

Nammo AS er en internasjonal våpen- og ammunisjonsprodusent engasjert i utvikling, produksjon og salg av ammunisjon og tilhørende aktiviteter. Konsernet har hovedkontor på Raufoss, og den norske stat har ved Nærings- og handelsdepartementet en eierandel på 50 %.

Nammo har i mange år produsert utstyr til Ariane 5-raketten. Leveransene inkluderer små rakettmotorer som skyver bort Arianes startrakter når de har gjort jobben sin, og separeres fra hovedtanken.

Bedriften har også levert en avansert sikringsmekanisme for de pyrotekniske kjedene som iverksetter de kontrollerte eksplosjonene som separerer de utbrukte delene fra raketten til riktig tid

Konsernet har per i dag kontrakter om å levere 700 rakettmotorer til Ariene-5 de neste fem årene.

SINTEF er med sine cirka 2150 ansatte Skandinavias største uavhengige forskningsorganisasjon. Organisasjonen har hovedaktiviteten lokalisert i Trondheim og Oslo, men har også avdelingskontorer og datterselskaper i Bergen, Tromsø, Stavanger, Ålesund og Raufoss. Hvert år samarbeider SINTEF med cirka 2000 norske og utenlandske bedrifter gjennom forskning og rådgivning.

Stiftelsen ble opprinnelig etablert for å være NTHs⁶⁸ forlengede arm mot industrien, med oppgave og forretningsidé om å bidra til utviklingen av Norge gjennom en sunn og bærekraftig utvikling av samfunnet. I dag er stiftelsen involvert i nesten alle aspekter av samfunnet, med forskningsbasert kunnskap og tilknyttede tjenester innenfor teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsfag.

SINTEF har generelt en bred og god tradisjon med forskning på industrielle systemer innenfor næringer som offshore-, maritim- og flyindustri, næringer som deler flere lignende utfordringer med romfarten. I systemer der store ulykker skjer så sjelden at innsikt må skaffes gjennom probabilistiske vurderinger, er kontinuerlig utvikling av sikkerhetsstrategi en felles fremtidig utfordring hvor SINTEF har god kompetanse. Spesielt i systemer som ikke uten videre kan slås av ved kritiske feil, for eksempel fly og romfartøy, er dette viktig.

Med sin store bredde har organisasjonen vært involvert i en rekke romrelaterte prosjekter, og vil med sin aktive holdning til dagsaktuelle utfordringer være en selvfølgelig aktør for forskning og utvikling i fremtidens romfartsprogram.

En av suksesshistoriene fra stiftelsen er ANITA⁶⁹, prosjektet som basert på forskning og teknologiutvikling ved SINTEF i 2002 sikret en kontrakt om overvåking av atmosfære og luftkvalitet om bord på romstasjonen.

I samarbeid med en tysk industribedrift har SINTEF på oppdrag av ESA utviklet laboratorieversjon, som i 2007 ble installert ombord på romstasjonen. Den norskutviklede teknologien gir målinger med en unik nøyaktighet, og er foresatt en varig framtid om bord i romstasjonen, og kanskje på alle fremtidige romfartøy.

⁶⁸ Norges Tekniske Høgskole (NTH) ble opprettet i 1910 i Trondheim, og er i dag en del av NTNU.

⁶⁹ Analysing Interferometer for Ambient Air (ANITA).

CMR Prototech i Bergen er en industribedrift under CMR⁷⁰-gruppen, og har gjennom en årrekke etablert et nært samarbeid med ESA, Norsk Romsenter og europeisk romindustri.

Bedriftens romrelaterte prosjekter inkluderer produksjon av strukturelle komponenter for satellitter og bæreraketter, hydrogen-brenselcelleteknologi og eksperimentelt utstyr til vitenskapelige romeksperimenter på romstasjonen og sonderaketter.

CMR og Prototech fremstår med sine visjoner for fremtiden, sterke fokus på romvirksomhet og i sitt samarbeid med norsk industri og universitetsmiljø som en hjørnestein innen norsk romfart også i fremtiden.

NTNU Samfunnsforskning A/S, avdeling **CIRiS**, ble i 2007 opprettet med mandat til å støtte og utføre forskning og utvikling for å bidra til den kontinuerlige tilstedeværelsen av mennesker i Verdensrommet.

Selv om miljøet i dag er relativt lite, med aktiviteter hovedsakelig fokusert på romstasjonen, fremstår det unike fokuset på romfart som et mål i seg selv, som unikt i Norge.

Som en anerkjent aktør i det europeiske romfartsmiljøet, og med langsiktige oppgaver innen romstasjonsprogrammet og med sin aktive holdning til romfart, er gruppen en aktør man kan regne med også i fremtiden.

⁷⁰ Christian Michelsen Research (CMR) sporer sitt opphav til 1930-tallet, da det ble etablert etter en donasjon og ønske fra skipsreder og tidligere statsminister Christian Michelsen.

4.8 Noen flere aktører

Capgemini Norge A/S er en del av Capgemini-gruppen, som med sin aktivitet i 30 land og cirka 90 000 ansatte over hele verden utgjør en global kjempe, med mange relasjoner til den globale romindustrien.

Capgemini Norge er med sine cirka 700 ansatte et av landets ledende selskaper innen teknologi, rådgivning og outsourcing services.

Capgemini Norge utviklet, sammen med belgiske og tyske selskaper, software som automatisk testet Columbus før oppskyting. Columbus er det europeiske forskningslaboratoriet som utgjør en av modulene til romstasjonen. Software systemer ble også levert til USA og Russland for testing av deres romstasjonsmoduler.

NorSpace, i Horten er en anerkjent industribedrift, som har spesialisert seg på utstyr og komponenter for analog signalprosessering, og har blant annet en verdensledende posisjon innen SAW⁷¹-teknologi for satellitter. Per 2009 opererer over 130 satellitter med komponenter levert av NorSpace.

NorSpace, og dets forgjenger, AME Space and Alcatel Space Norway som ble grunnlagt i 1984, har siden slutten på 1980-tallet levert målesensorer til Ariane 5. Sensortechnologien benyttes til å måle og kontrollere bærerakettenes drivstoffnivå.

NorSpace inngår i gruppen av romfartsbedrifter som vil være godt kvalifisert for nye leveranser til fremtiden romfartsprogram.

Presens i Oslo ble etablert i 1996, med det som formål å kommersialisere en patentert trykksensortechnologi utviklet ved SINTEF. I dag leverer Presens trykksensorer til industrielle markeder over hele verden, hovedsakelig til olje- og gass- og forsvarsindustrien.

Selskapets trykksensortechnologi gjør det mulig å foreta veldig nøyaktige trykkmålinger under ekstreme forhold. Sensorene er små, stabile, meget robuste og har rask responstid.

Gjennom en felles strategisk satsning av bedriften, ESA og NRS på flere forsknings- og utviklingsprosjekter, leverer Presens i dag trykksensorer til ESA for bruk i romfartøyer. Blant annet har bedriften levert høytrykksensorer til den svenske satellitten PRISMA.

Presens er et godt eksempel på hvordan langsiktig og koordinert satsning åpner dørene for norske bedrifter til romindustrien og andre nye markedsområder.

Det Norske Veritas AS (DNV) ble etablert i Norge i 1864 med det som formål å inspisere og vurdere den tekniske tilstanden til norske handelsskip. Kjernekompetansen har siden da vært å identifisere, vurdere og gi råd om risikohåndtering. Hovedfokus er fortsatt maritim sektor, men selskapet leverer i dag tjenester til en rekke næringer.

Selskapet er anerkjent av ESA, og har vært involvert i en rekke større romprosjekter som for eksempel Galileo, Mars Express, Rosetta og ATV.

Jotne EPR Technology A/S leverer blant annet verktøy for styring av livssyklus for romrelaterte produkter, som bidrar til å redusere kostnader, effektivisere produktutvikling og sikre dataintegritet. Kjernekompetansen omfatter prosjektleidelse og prosjektadministrasjon, konsept- og detaljengineering samt dataløsninger for håndtering av produktdata.

For mer informasjon om norske aktører og aktiviteter, anbefales NIFRO⁷²s hjemmesider.

⁷¹ Surface Acoustic Wave (SAW) er akustiske bølger som brer seg på overflaten til et piezoelektrisk materiale. Vanligste piezoelektriske materialer brukt for SAW-teknologi er krystaller av kvarts, litiumniobat eller litiumtantalat.

⁷² www.nifro.no

4.9 Strategiske aktører i Norge

Romvirksomhet i Norge sorterer under **Nærings og handelsdepartement (NHD)**, men har aktivitet og interesser som faller under mange andre departement og offentlige aktører. Norsk Romsenter utøver koordineringen av den nasjonale romsatsingen på vegne av NHD. Bevilgningene til ESA og Romsenteret går i sin helhet over NHDs budsjett. NHD møter i ESA Council og i ESA/EU Space Council.

Underliggende etater som Norsk Romsenter og Norsk Forskningsråd fungerer som premissleverandører for norsk romvirksomhet. Innovasjon Norge (IN) og Norsk industriforum for romvirksomhet (NIFRO) fungerer som pådrivere og tilretteleggere for å utvikle nye romaktører. Dette gjelder også for aktiviteter knyttet til bemannet romfart.

Norsk Romsenter er den norske stats strategiske, samordnende og utøvende organ for å sikre en effektiv utnyttelse av Verdensrommet til det beste for norske samfunnsinteresser.

Norges Forskningsråd er underlagt Kunnskapsdepartementet, og er Norges overordnede nasjonale, forskningsstrategiske organ, som også er ansvarlig for prioritering, evaluering og finansiering av prosjekter innen romforskning og romrelatert grunnforskning. Norsk Romsenter og Forskningsrådet samarbeider tett for å best mulig sikre den forskningsmessige utnyttelsen av de internasjonale investeringene som gjøres blant annet gjennom ESA.

Norsk industriforum for romvirksomhet (NIFRO) representerer norsk romindustri, og er den aksepterte medspiller for Stortinget og styringsverket som angår romvirksomhet. NIFRO arbeider kontinuerlig for fortsatt vekst for norsk romvirksomhet, og for å bedre rammevilkårene for utdanningsinstitusjonene her i landet. Sammen med Norsk Romsenter arbeider NIFRO for å spre kunnskap om romindustrien.

En vellykket utvikling av norsk romfart forutsetter et godt og tett samarbeid mellom de strategiske aktørene, og mellom de strategiske aktørene, forskningsmiljøet og industrien.



Norsk Romsenter på Skøyen i Oslo teller per 2010 i overkant av 30 ansatte. I likhet med aktiviteten innenfor norsk romvirksomhet, har antall ansatte økt jevnt de siste årene. Bilde: Norsk Romsenter.



En stor satsning på romfart og utforskning må være politisk forankret. Langsiktigheten og investeringene som trengs for å utvikle romfart til en bærekraftig industri kan, i Norge, kun gjøres med sterk statlig involvering. Bilde: Stortinget.

5. Fremtidstenkning

Dette kapitlet beskriver tre eksempler hvor en satsning på bemannet romfart vil ha god synergi med etablerte og fremtidige mål for andre norske næringsinteresser i delkapitlene 5.3 *Hav og rom*, 5.4 *Energi og resirkulering* og 5.5 *Menneske og organisasjon*. I tillegg beskrives noen programmer og bevilgninger fra norske myndigheter til romfartsprogrammer i de tre siste delkapitlene.

Kapitlet diskuterer også hvordan en fremtidig satsning på romfart kan, og må, gjøres på en bærekraftig måte. Delkapitlet 5.7 *Hvorfor utforske Verdensrommet?* drøfter noen av argumentene for og imot bemannet romfart, og hvordan fremtiden kan formes avhengig av hvilke argumenter som vinner frem.

5.1 Mulige scenario

Det primære målet med denne rapporten er ikke å planlegge eller forutsi fremtiden, men å avdekke bilder av mulige, sannsynlige og foretrukne framtider, som setter personer og organisasjoner bedre i stand til å treffe avgjørelser. Fokuset på å tegne alternative framtider skiller "foresight" som metodikk fra prognoseteknikker, hvor formålet er å forutsi utviklingen med størst mulig nøyaktighet.

Å forutsi utviklingen av bemannet romfart med stor nøyaktighet er veldig vanskelig. Spesielt vanskelig å forutse er utviklingen innen politikk og teknologi, som begge er sterkt avhengige av hverandre.

- Vil politikere fortsette å anse bemannet romfart som kostbare prestisjeprojekt, eller innse mulighetene bemannet romfart har som et globalt foretak med store gevinster for både samfunn og økonomi?
- Vil bæreraketeknologi fortsatt være ekstremt utfordrende og kostbart, eller vil teknologien modnes, og et nytt marked for romtransport realiseres?
- Vil det skje dramatiske ulykker i rommet, som vil endre vedtatte planer vesentlig, og hvordan vil samfunnets toleranse for ulykker utvikle seg i fremtiden?

En generell filosofi som foreslås i denne rapporten er å gjennomføre en norsk satsning på bemannet romfart slik at det gir gevinst for norsk samfunn, industri og økonomi, uavhengig av teknologiutvikling og politikk som er veldig uforutsigbar.

Nøkkelen for å oppnå dette er å satse på aktiviteter som i seg selv, eller indirekte, tjener norske interesser.

Ved å satse på aktiviteter som har nytte for både romfart og eksisterende næringer vil man få en løpende god avkastning av investeringene og samtidig bygge en kritisk masse og kompetanse posisjonert til å utgjøre en forskjell den dagen bemannet romfart blomstrer som en "lønnsom næring".

I tillegg til å videreføre en industripolitikk på linje med den vi har i dag, bør man se på mulighetene som ligger i typiske forsknings- og utviklingsorganisasjoner. I slike organisasjoner vil verdiskapningen i hovedsak tilfalle de næringene de tjener, og i noen tilfeller er organisasjonene nullprofittforetak.

Siden det i dag eksisterer flere norske organisasjoner av denne typen, med lang historie i norsk forskning og næringsliv, skulle det ikke være nødvendig å argumentere for verdiskapningen som skjer i disse organisasjonene. Flere av disse er allerede i dag viktige aktører innen norsk romvirksomhet.

Uten å nedvurdere potensialet som ligger i andre lignende organisasjoner, trekker vi her, og i kapitlet 4. *Norske aktører og aktiviteter*, frem MARINTEK og FFI som eksempler.

Norske aktiviteter innen bemannet romfart bør være mest mulig uavhengig av uforutsigbar teknologi og politikk.

5.2 Satsninger med synergi

I delkapitlene 5.3 *Hav og rom*, 5.4 *Energi og resirkulering* og 5.5 *Menneske og organisasjon* diskuteres tre scenario hvor en satsning på romfart kan gjennomføres med god synergi til andre nasjonale satsninger.

Verdensledende bedrifter og organisasjoner innen sterkt kunnskapsbaserte næringer har nesten alltid tilknytning til superklynger eller globale kunnskapsnav⁷³ (global knowledge hubs). Bostons posisjon innen bioteknologi og Silicon Valleys posisjon innen elektronikk og data er eksempel på globale kunnskapsnav^{xi}.

Slike globale kunnskapsnav kjennetegnes av forsknings- og utdanningsinstitusjoner i verdensklasse, god tilgang på kompetent risikokapital, mange innovative kunnskapsbedrifter, fremragende kunnskapsmessig infrastruktur og et stort antall spesialiserte tjenestebedrifter som opererer globalt. Kort sagt tilstedeværelse av alle typer aktører som trengs for å drive en høyteknologisk næring.

- I delkapittelet 5.3 *Hav og rom* diskuteres det hvordan en satsning på romfart kan gjennomføres innenfor rammen av en norsk maritim superklynge.

- Energi og miljø er områder med høy prioritet, både nasjonalt og globalt. Delkapittelet 5.4 *Energi og resirkulering* diskuteres hvordan en satsning på romfart kan kobles til næringsklynger innen energisektoren, og hvordan behov for resirkulering og gjenvinning har felles utfordringer på Jorden og i rommet.

- Delkapittelet 5.5 *Mennesket og organisasjon* diskuteres hvordan en satsning på romfart kan gjennomføres i synergi med arbeidet for bedre forståelse av mennesket, samfunn og organisasjoner.

Hovedmålet med å koble satsningene på denne måten er å gi romfartsaktivitetene tilgang på bred faglig kompetanse og bredden av profesjonelle aktører som slike næringsklynger består av.

5.3 Hav og rom

Norsk kompetanse innen offshore og maritim næring, og våre ressurser i og under havet, vil i fremtiden, også etter oljealderen, utgjøre et unikt grunnlag for norsk økonomi og velferd.

Dette delkapittelet diskuterer hvordan den norske petro-maritime næringsklynge og romfart har teknologisk, organisatorisk og ideologiske fellestrekk og synergi som i fremtiden kan utnyttes bedre.

Ideologi er her brukt som en positiv betegnelse for ordnende og motiverende ideer som et samfunn er avhengig av. Når rapporten omtaler betydningen av "å utvide begrepene for hva det betyr å være menneske" og "ikke undervurdere den reformerende kraften i en befolkning som deltar i utforskningen av et nytt grenseland", er det ideologiske betraktninger som gjøres.

Få ting har vært mer formende for det norske samfunn enn den vedvarende ide om at vi skal utfordre og utnytte havet. Fra vikinger og polarforskere til skipsredere og sjømenn har vi levd med og på havet. Hovedsakelig fordi havet alltid har vært der med sine utfordringer og muligheter, som vanskelig kan ignoreres.



Verdensrommet er det nye havet, Månen og Mars er de nye kontinenter.

⁷³ Et nav, den sentrale del av et hjul. Ytterst ligger kransen, og eikene eller skiven forbinder nav og krans.

I de siste 50 årene har en lignende oppfatning av Verdensrommet spredt om seg. Verdensrommet er jo der, og vi kan vanskelig ignorere mulighetene og utfordringene dette representerer. Verdensrommet er det nye havet, og Månen og Mars er de to nærmeste og største av mange nye kontinenter.

Det norske forholdet til havet har gjennom århundrer vært utviklet uten klar kjennskap til hva fremtiden vil bringe. Det var ikke en visjon om containerskip og condeep-plattformer⁷⁴ som drev våre forfedre i utviklingen og forbedring av sine langskip og sjarker. For kun 30 år siden var ideer om fiskeoppdrett og fangst av krill urealistiske prosjekter uten mulighet eller vilje til realisering. Men etter hvert som kunnskapen økte, teknologier ble utviklet og modnet, har den grunnleggende norske kunnskap og kompetanse på havet gjort det mulig å raskt utnytte mulighetene og realisere verdier.

Denne utviklingen har gått fra å være en rekke tilfældigheter til å utgjøre en rekke ordnede ideer om hvordan vi skal leve av og på havet i fremtiden. Et lite stykke norsk ideologi om man vil.

Å anvende en lignende type tilnærming til Verdensrommet ville tjene norske interesser godt. En ide om at Verdensrommet er der, og vil være der, en ide om at vi skal utfordre og utnytte Verdensrommet.

Norsk Romsenter har allerede i dag en visjon om at Norge skal være det landet som har størst nytte av Verdensrommet. Å lykkes med dette målet forutsetter en bred og god forståelse av Verdensrommets fysikk, krav til teknologi og drift av rombasert infrastruktur.

Hovedfokuset for norsk romvirksomhet må være å utvikle og ivareta kunnskap og kompetanse om Verdensrommet, og på utvikling og utnyttelse av dagens "langskip" med navn som Cryosat-2 eller AlSSat.

Men dagens arbeid må gjøres med tanke på at vi skal, som med havet, leve med og i Verdensrommet i all fremtid. Vi må forberede oss på å møte fremtidens krav til endringer, uansett om de vil kreve rommets svar på condeep, sub-sea, container- eller cruiseskip.

En satsning på, og deltagelse i, verdens romfartsprogrammer vil være nødvendig for å kunne forberede oss på denne fremtiden.

Den mest synlige ideologiske fellestrekket mellom hav og rom er, og blir, utforskningen. Utforskningen av både hav og rom kan sies å stå på terskelen til en renessanse. Og som utforskning i stort omfang alltid har gjort, vil også denne forme vår fremtid. Ikke bare vår nasjonale fremtid, men hele planetens og menneskehetens. Når vi nå står på denne terskelen, er det viktig å huske at vi vil forme fremtiden like mye med det vi ikke gjør, som det vi gjør.



Teknologi for helautomatiske operasjoner av sub-sea installasjoner vil i økende grad bli tatt i bruk. Seabed Rig er et selskap som kikker til romfartsindustrien når de utvikler sine nye systemer. Selskapets teknologi har også skapt interesse hos NASA. Et eksempel på både spin-in og spin-out. Illustrasjon: Seabed Rig.

⁷⁴ En dypvannskonstruksjon av betong. Troll A er den største, og er over 470 meter høy.

Teknologi kan generelt defineres som anvendelse av vitenskap i løsningen av praktiske oppgaver. Teknologi er læren om teknikker og problemløsninger.

Få næringer er så teknologiavhengige som den petro-maritime næringen. Industri og forskning i denne næringen har stort fokus på utnyttelse av mulighetene som ny teknologi og nye samarbeidsformer byr på. Hvis havet også i fremtiden skal utgjøre fundamentet for norsk verdiskapning og velferd, er det helt avgjørende at man lykkes med dette.

I tillegg til selve teknologikunnskapen, er det viktig å ha god forståelse av betydningen som samfunnsstruktur og samvirke mellom ulike aktører har på evnen til å holde seg verdensledende.

Autonome systemer, robotisering, energi, testing og analysetjenester, sikkerhet og vedlikehold og generelle ingeniørløsninger er områder hvor samarbeid og utveksling av ideer vil ha interesse for både hav og rom.

Begge bransjene har mange felles utfordringer med ekstreme omgivelser og utstrakt bruk av fjernstyrt utstyr.

Med dagens og fremtidig videreutvikling og fornyelse av teknologifundamentet for olje- og gassindustrien, vil autonome systemer og robotisering være viktige komponenter. Disse teknologiområdene er områder hvor romfartsindustrien kan ha viktig erfaring og teknologi med overføringspotensial. De store ressursene som er tilgjengelig i offshoreindustrien gir også et stort potensial for overføring av teknologi til romfartsindustrien.

Organisasjon er definert som et sosialt system bygd opp for å fremme ett eller flere formål, eller sett av verdier. Organisasjoner er med andre ord redskap for å realisere mål.

Det finnes flere fellestrekk mellom organisasjoner som har ansvar for drift av skip, offshoreinstallasjoner, romskip og romstasjoner. I begge industriene, både maritim/offshore og romfart, er letingen etter nye ressurser, og nye måter å utnytte dem på, sentralt.

De fundamentale, ikke minst de mentale, utfordringene blir de samme enten man leter på havbunnen eller i Verdensrommet.

Begge bransjene er karakterisert av store internasjonale prosjekter som stiller store krav til organisatoriske egenskaper, rette personlige relasjoner, kulturforståelse og forståelse for industripolitikk i andre land og regioner.

Flere tiår med involvering og engasjement i internasjonale maritime fora og organisasjoner fra norske myndigheter og aktører har vært avgjørende for internasjonal regulering og utviklingen av en global næring. Denne satsningen kan også antas å ha vært avgjørende for suksessen til den norske maritime næringen.

Romfarten vil i fremtiden ha behov for en lignende utvikling av internasjonale reguleringer. For aktører og interesseorganisasjoner innenfor romfarten ville det være en uvurderlig skole å få innsikt i, og ta lærdom av, erfaringene fra maritim sektor.

Utnyttelse av mulighetene som ny teknologi og nye samarbeidsformer byr på, vil fortsette å utfordre samarbeid mellom leverandører, operatørselskap, interesseorganisasjoner, FoU og offentlige aktører. Kompetanse knyttet til integrerte operasjoner vil være avgjørende for fremtidige prosjekter innen offshore og shipping. Den pågående satsningen innen offshore og maritim næring vil gjøre norske aktører verdensledende innen e-driftsløsninger.

På lignende måte som økt bruk av autonome systemer, økt fjernstyring og sanntidsbetjening vil spille en sentral rolle i arbeidet med å drifte fremtidens olje- og gassfelt, vil denne type løsninger og kompetanse være helt avgjørende for dagens, og fremtidens drift, av romfartsrelatert infrastruktur, enten den er i lav jordbane, på Månen eller Mars.

For å kunne gjøre en vellykket satsning på romfart, vil det være viktig å studere tilfeller der næringsliv og forskning jobber sammen på tvers av bransjer og næringer. Romfart som en industri vil i nærmeste fremtid ikke ha den kritiske massen av aktiviteter som trengs for å holde norske aktører i verdenseliten.

Organisering av romfartsaktiviteter i samarbeid med marintekniske næringsklynger vil gi tilgang på bred faglig og profesjonell kompetanse innen innovasjon, investering, forsikring, analyse og generelle ingeniørtjenester.



Illustrasjon fra MARINTEK som viser hvordan et nytt forskningssenter kan utformes.

Ved å søke næringsklynger der det er en egendefinert synergi mellom romfart og andre aktiviteter vil kunnskapsoverføring, enklere tilgang på kunder og samarbeidspartnere gi gode gevinster for alle parter.

Forskningsinstituttet Marintek og Institutt for marin teknikk ved NTNU har sammen med næringslivet tatt initiativ til å utrede muligheten for et neste generasjons forsknings- og laboratoriesenter i havrommet.

Prosjektet er blitt kjent som "Ocean Space Centre". Målet for dette kunnskapssenteret er å styrke Norges posisjon som maritim nasjon. I tillegg vil et slikt senter gi muligheter for å studere sentrale problemstillinger som har stor betydning for miljø og klima, for balansert utnyttelse av maritime ressurser, for tilgang til energi og for utvikling i nordområdene.

Det ville være veldig interessant å studere mulighetene og gevinstene ved å koble denne maritime satsningen med en norsk satsning på romfart.

5.4 Energi og resirkulering

Dette delkapittelet diskuterer hvordan en satsning på romfart kan kobles til næringsklynger innen energisektoren, og hvordan behov for resirkulering og gjenvinning har felles utfordringer på Jorden og i rommet. Kapittelet 4.5 *Verktøy i Verdensrommet* omtalte flere muligheter knyttet til disse utfordringene, og danner bakgrunnen for dette avsnittet. Verktøy for fremtidens romfart kan også være verktøy for fremtidige utfordringer her på Jorden.

Energi og miljø er områder med høy prioritet, både nasjonalt og globalt. Norge er en av Europas ledende energinasjoner, og en av regjeringens satsningsområder er forskning i skjæringspunktet mellom energi og miljø.

Vi leverer vannkraft til det nordiske nettverket, og selger betydelige mengder gass i Europa. Oljetankere fra Nordsjøen leverer over hele kloden. Virksomhet rundt våre naturbaserte energikilder har lagt grunnlag for store næringsklynger med kompetanse- og leverandørbedrifter av mange slag. Gjennom en rekke nasjonale og private satsninger over flere år kan flere norske miljø hevde seg i internasjonal konkurranse.

Her vil vi fokusere på energiproduksjon og nye energibærere som har anvendelsesmuligheter innen romfart. Bruk av brenselceller og nye typer energibærere, som hydrogen, har økende interesse både på Jorden og rommet. Energisystemer som tilfredsstiller høye krav til redusert masse, volum, vedlikehold og driftssikkerhet, er av spesiell interesse.

På grunn av Norges offisielle politikk knyttet til bruk av kjernekraft, er denne type teknologi ikke omtalt her.

Markedsinntreden for brenselceller er i stor grad avhengig av fremskrittene som gjøres i bilindustrien. Dette utgjør en utfordring for norske aktører som blir svært sårbare for hvilke valg bil- og motorfabrikanter gjør de nærmeste årene. Det forventes ikke at brenselcellebiler blir tilgjengelig for allmennheten til en konkurransedyktig pris de nærmeste 10 årene.

Økonomi har til nå vært underordnet i forhold til brenselcelleteknologi, men blir svært viktig når serieproduksjon står på dagsordenen. En satsning på brenselcelleteknologi for bruk innen romfart ville bidra til å gjøre norske aktører mindre sårbare for, og avhengige av, utviklingen innen bilbransjen. En slik satsning ville også bidra til å holde norske aktører internasjonalt konkurransedyktige.

Forskning og utvikling på nye energibærere og energisystemer passer også godt med norske ambisjoner om å bli et foregangsland i utviklingen av "post-oljealdersamfunnet".

Resirkulering er å bruke materiale fra avfall som råstoff til å produsere nye varer eller ressurser. Regenerasjon refererer til lignende prosesser, men er preget av overgangen mellom to tilstander hvor den ene er ansett som mer ønskelig enn den andre. De fleste regenerative prosesser krever en aller annen form for katalysator.

Konsepter og teknologier relatert til regenerering og resirkulering av vann, nedbrytning av avfall og fiber, luftregenerering og biologisk sensortechnologi er i dag sterkt preget av en konservativ tankegang. Denne type problemstillinger og teknologi er sjelden på dagsorden når klima- og miljøpolitikk diskuteres i dagens samfunn.

I mange land forventes det, eller kreves, at man finner klima og miljøtiltak som ikke rammer dagens industri og økonomisk vekst. Til disse forventningene synes det ikke å være noen gode svar.

En 3 % økonomisk vekst i 100 år, innebærer 19 ganger så stort forbruk som i dag, 19 ganger så mange boenheter og biler og 19 ganger så mange drømmer om flere materielle goder oppfylt. Uansett om vi skulle få kontroll med økende CO₂-nivå og den globale oppvarmingen, vil ikke Jorden uten videre takle en slik vekst i ressursforbruket.

Uten her å foreta noen dypere analyse, kan det store fokuset på CO₂-problematikk i dagens klima- og miljødebatt synes å overskygge utfordringene knyttet til en fremtid med vekst i både økonomi og befolkning.

I en verden med eksploderende befolkningsvekst vil kompetanse og teknologi som kan åpne for matproduksjon i ufruktbare og karrige områder og samtidig produsere rent drikkevann, i stedet for å forbruke det, være avgjørende.

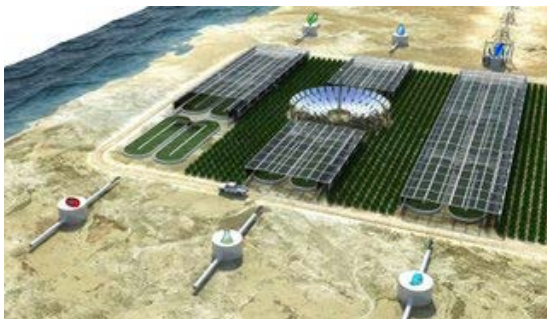
Innen 2050 vil det trolig være 9 milliarder mennesker på Jorden. Det er flere scenario for befolkningsutviklingen, og dette anslaget er usikkert, men matproduksjonen må trolig fordobles innen 2050, for å kunne dekke verdens behov for mat.

Manglende matsikkerhet og begrenset tilgang på rent vann antas å være den største enkelttrusselen mot et stabilt og velstående verdenssamfunn.

Forbedring og optimalisering av kapasiteten til det tradisjonelle landbruket vil være første prioritet, og utgjøre de mest kostnadseffektive tiltakene. Deretter vil en økt utnyttelse av den marine næringskjeden utgjøre en viktig matkilde.

Men det tradisjonelle landbrukets sårbarhet for endringer i klima og miljø vil fortsette å øke. Etter hvert som nærmer oss 100 % utnyttelse av Jordens fruktbare jordbruksområder, øker sårbarheten for en hver lokal eller global hendelse som påvirker størrelse på avlingene. En hver sykdom, tørke, vulkanutbrudd, konflikter og krig vil føre til forstyrrelser i matsikkerheten.

Konseptet med "å leve av landet" er i prinsippet det samme om man lever i Sahara eller på Mars. Generelt sett er all teknologi som utvikles for CELSS-systemer å regne som "cleantech". Denne teknologien har gode anvendelsesmuligheter i en verden hvor rent vann og trygg mat i økende grad vil være fremtidens viktigste begrensede ressurser.



Norske Bellona er en av fire partnere i miljøprosjektet "Sahara Forest Project". Målet er å bekjempe global oppvarming, øke tilgang på ferskvann og produsere mer biomasse og ren energi. Illustrasjon: Bellona.

For de aller fleste konsepter og teknologier knyttet til romrelatert CELSS, gjøres resirkuleringen på første eller andre nivå i avfallshierarkiet⁷⁵, ved avfallsreduksjon eller gjenbruk. Dette passer godt overens med miljøpolitikkenes ønske om å behandle avfall så nær toppen av hierarkiet som mulig.

Utviklingen av høye gjødselpriser, økende problemer med avrenning og forurensning fra landbruk, en økt bruk av drivhus i områder med varierende og ustabil klima og økte krav til resirkulering og kontroll av næringscykluser er med på å aktualisere utvikling og bruk av CELSS-teknologi også her på Jorden.

Systemer som utvikles for å ivareta liv og helse for bosetninger på Mars og andre himmellegemer utover i Verdensrommet, vil kunne gjøre det samme hvor som helst på Jorden. Den store utfordringen med CELSS-teknologien, både for bruk i rommet og på bakken, er å gjøre den kostnadseffektiv.

En satsning på romfart knyttet til utvikling av CELSS-teknologi, koblet med teknologi og utvikling for å møte miljø- og klima-utfordringer her på Jorden, vil bidra til å posisjonere norske aktører med kompetanse og produkter som vil være avgjørende for utviklingen av fremtidens samfunn, både i Verdensrommet og her på Jorden.

5.5 Menneske og organisasjon

For å kunne realisere visjonen om Norge som en kunnskapsbasert økonomi må vi ha god forståelse og kunnskap om hvordan vi skaper et samfunn og organisasjoner som er dynamiske og innovative. Dette delkapittelet diskuterer hvordan en satsning på romfart kan gjennomføres i synergi med arbeidet for bedre forståelse av mennesket, samfunn og organisasjoner.

I følge enkelte undersøkelser er nordmenn langt mer produktive enn både europeere, japanere og amerikanere. Samtidig synes det som en gjennomgående oppfatning blant nordmenn at latskap, lav effektivitet og udugelig byråkrati er utbredt. Vi skal ikke bruke mye plass her på å vurdere hvilken oppfatning som ligger nærmest sannheten. En positiv tolkning kan være at vi i dag er relativt effektive, men med stort potensial til forbedring.

Mye av dagens effektivitet og produktivitet skapes av avanserte produksjonsmåter som utnytter arbeidskraften på en god måte, og, ikke minst, at vi eksporterer dyre produkter sammenlignet med hva vi importerer.

Hvis vi også i fremtiden skal kunne forsvare de høye lønningene og den høye levestandarden vår, er vi nødt til å fortsette å forbedre produktiviteten og effektiviteten i samfunnet. Vi må finne nye høykostnadsprodukter å eksportere etter hvert som olje og gassproduksjon reduseres. Vi må finne nye måter å arbeide og samarbeide mer effektivt på.

Det synes klart at dette ikke kommer til å bli noen lett oppgave. Globalisering bidrar til økt internasjonal arbeidsdeling i produksjon av alle typer varer og mange tjenester. Med India og Kina sin inntreden i verdensøkonomien, og den store satsingen på forskning og utdanning i disse landene, betyr at ikke bare arbeidsintensiv produksjon flyttes, men også at konkurransen om lokalisering av kunnskapsintensiv virksomhet øker.

En fremtid der India og Kina har flere professorer enn vi i Norge har innbyggere er ikke urealistisk.

"I rommet blir alle land små" er et uttrykk som godt beskriver avgjørende utfordringer ved romfart og romvirksomhet. Dette forklarer også langt på vei hvorfor romfart har utviklet seg til en bransje med sterkt internasjonalt preg. Av natur er også bemannet romfart en høyst interdisiplinær bransje.

⁷⁵ Et begrep i norsk avfallspolitikk og EUs rammedirektiv for avfall. Også omtalt som avfallspyramiden.

I tillegg til de mest vanlige kriteriene for vellykkede prosjekter, stiller internasjonale og interdisiplinære prosjekter høye krav til kunnskap og forståelse for betydningen av kultur, språk, sosiale ferdigheter, forholdet mellom mann og kvinne og mellom leder og arbeider. I en verden med økende globalisering i både økonomi, industri og forskning vil en god forståelse og utnyttelse av denne type kunnskap være avgjørende for å finne, få adgang til og gehør hos de rette personer og organisasjoner, på rett sted, til rett tid. Både i Norge og internasjonalt finnes det en stor mengde forskning og litteratur som beskriver denne type utfordringer. Mye av denne kunnskapen er fragmentert, og i stor grad kun av akademisk interesse.

I Norge har vi noen miljøer som skiller seg ut i forhold til graden av anvendbarhet av forskning og utvikling knyttet til mennesket og organisasjoner. I tillegg til å ha relevante aktiviteter innenfor sine egne miljø og næringer, fremstår fokuset på mennesket og organisasjon som et av flere områder der man kan bygge en bro mellom romfart og petro-maritime næringer. De miljøene er omtalt i kapittelet 4. *Norske aktører og aktiviteter*.

Hvis Norge skal lykkes med å bli en av de ledende, innovative, dynamiske og kunnskapsbaserte økonomier i verden, innenfor de områder hvor vi har fortrinn, så må vi styrke kompetanse og forståelse for betydningen av de menneskelige og organisatoriske aspektene av å operere i en globalisert verden.

Både romfart og norsk samfunn er i fremtiden avhengige av at vår humankapital fremstår som fleksibel, tilpasningsdyktig, kompetent til å ta egne avgjørelser, forstå balansen mellom kontroll og styring og evnen til å leve med usikkerhet, paradokser og tvetydigheter og kunne mestre bruken av symbolske uttrykk for legitim makt.

Kunnskap om mennesket og organisasjon vil i fremtiden ikke bare være en produksjonsfaktor for vår forskning og industri, men også av stor kulturell og sosial betydning for vårt samfunn.

5.6 Bærekraftig utvikling

Bemannet romfart er ikke i dag, og har aldri vært, gjennomført på en måte som legger grunnlag for utvikling av en bærekraftig næring.

En fortsatt ensidig satsning på teknologi og destinasjonsfokuserte aktiviteter i statlig eller overnasjonal regi, vil også i fremtiden løpe en stor fare for å fungere som vellykkede arbeidsprogram, men uten å skape en bærekraftig næring og industri.

En satsning på romfart må gjennomføres på en måte som foster bærekraftig utvikling.

Begrepet bærekraftig utvikling er best kjent slik det ble brukt i rapporten fra FNs Brundtlandkommisjon i 1987. Her er begrepet definert som "en utvikling som imøtekommer behovene til dagens generasjon, uten å redusere mulighetene for kommende generasjoner til å dekke sine behov". Også i forhold til dette helhetlige aspektet må bemannet romfart vise at det gjennomføres på en bærekraftig måte.

Hovedfokus, når man diskuterer industri, næring og handel, blir likevel på det økonomiske aspektet. Bemannet romfart vil forbli er en kostbar, særegen og risikofylt bransje så lenge den ikke oppfattes som en økonomisk bærekraftig aktivitet. For at noe skal bli oppfattet som bærekraftig i makroøkonomisk terminologi må man klare å argumentere for at noe er kostnadseffektivt og innenfor rammen av hva man mener å ha råd til (Affordable).

Man kan stille spørsmål ved behov og nytte for bemannet romfart på kort sikt, men på lang sikt vil få ting være viktigere for menneskeheten enn å beherske det ekstreme miljøet som Verdensrommet utgjør. Dette er videre diskutert i delkapittel 5.7 *Hvorfor utforske Verdensrommet?*

Kostnadseffektivitet innebærer at tilgjengelige virkemidler skaper aktiviteter som gir størst mulig ringvirkning for de ressursene som settes inn.

Hvis en beveger seg bort fra dette prinsippet vil man feile i forsøket på å skape en bærekraftig romfartsindustri.

I de vestlige samfunn er kommersialisering for folk flest et kriterium for at noe skal bli oppfattet som kostnadseffektivt. Markedsøkonomiske prinsipper som tilbud og etterspørsel forventes å fungere.

Privat finansiering og investering bidrar vanligvis til å gi et bilde av kostnadseffektivitet i en bransje.

Kommersialisering av rommet har i stor grad vært vellykket i forbindelse med satellittkommunikasjon og nedstrøms utnyttelse av navigasjons- og jordobservasjonssatellitter. Hva er årsakene til at denne delen av romvirksomheten har lyktes med å fremstå som bærekraftig, men ikke bemannet romfart?

Det har vært skrevet, diskutert og ment mye om dette, og noen aspekter skal nevnes her. Noen fasit kan derimot heller ikke gis i denne rapporten.

Risikotoleranse kan synes å være en viktig faktor. Økonomisk risikovilje synes ikke å ha vært avgjørende, men derimot en manglende vilje til å ta politisk og omdømmerelatert risiko. Det synes å være liten toleranse for tap av menneskeliv i utforskningen av Verdensrommet. En viktig diskusjon som må tas i samfunnet, er hvor denne toleransegrensen skal ligge i fremtiden.

Hvis vi historisk hadde anvendt samme risikotoleranse for all vår utforskning, ville store deler av verden fortsatt være ukjente områder.

Hva kjennetegner andre lignende næringer som fremstår som bærekraftige?

Krav til sikkerhet og pålitelighet driver i dag kostnadene ved bemannet romfart til et nivå som ikke er bærekraftig.

Det kan være interessant å se hvordan andre transportnæringer som også opererer under strenge sikkerhets- og pålitelighetskrav utviklet seg til bærekraftige næringer. Automobil, luftfart og maritim industri er noen eksempler.

Spesielt to aspekter skiller disse industriene fra romfartsindustrien.

- De fikk i sin spede begynnelse utvikle seg under private og ofte personlige risikovurderinger, både økonomisk og i forhold til liv og helse.
- Det ble tidlig utviklet en stor sekundær aktivitet, både hos det offentlige og private, i disse næringene. Store deler av denne aktiviteten bidro, og bidrar den dag i dag, til å senke og dele kostnadene knyttet til sikkerhet og pålitelighet.

Et eksempel er infrastruktur og tjenester til automobilindustrien som betales via forsikringer og over skatteseddelen. Uten tilstrekkelig utvikling av veier og tilgjengelighet av redningstjenester ville kostnadene ved en biltur økt betraktelig.

En biltur mellom Oslo og Bergen vinterstid ville innebære stor risiko for liv og helse uten dagens veistandard og redningstjenester. Bilen måtte være utstyrt med alt av varmeproduksjon, proviant, mekanisk og medisinsk utstyr for å håndtere et havari eller utforkjøring. Og personene på turen måtte være trent og kvalifisert for å bruke utstyret. Det ville blitt en kostbar Bergenstur, som få formål ville kunne rettferdiggjøre, spesielt hvis regjering og myndigheter var ansvarlige for liv og helse for deltagerne av turen.

Utdanning vil være viktig for bærekraftig utvikling. Ingen fremtidig næringsvekst vil skje uten forsknings- og utdanningsinstitusjoner som tilbyr relevante studier av høy kvalitet.

Vi har i dag flere tilbud til romrelatert utdanning i Norge. For å tilpasse utdanningen til en industridrevet utvikling av romfart, burde man opprette etterutdanningskurs rettet mot ansatte i bedrifter og institusjoner som ønsker å satse på romvirksomhet. Hovedfokus burde være på romvirksomhet som en næring og reguleringer, krav og mulighetene som finnes. Den faglige og tekniske kompetansen forutsettes i stor grad å eksistere i bedriftene.

Image og omdømme til bemannet romfart hos befolkning og myndigheter vil være helt avgjørende for hvordan utviklingen vil bli. Hvis oppfatninger og uttalelser om bemannet romfart, og utforskning av Verdensrommet som en unødvendig luksus eller som en sær form for forskning og vitenskap, får fortsette å bre om seg uimotsagt, vil bemannet romfart aldri utvikle seg til en bærekraftig næring

Som en oppsummering av virkemidlene som vil bidra til å utvikle dagens romfartsindustri til en bærekraftig næring, gjentar vi følgende prinsipper og hovedpunkter:

- Statlig kjøp av tjenester og produkter i stedet for utvikling. Bruk av markedsøkonomiske prinsipper.
- Statlig og overnasjonalt lovverk, regulering og oversyn av sikkerhet, pålitelighet og tredjepersons interesser.
- Privat risikovurdering, både økonomisk og i forhold til gjeldende lovverk.
- Stimulere områder der vilje til privat utnyttelse først vokser frem, for eksempel romturisme.
- Prioritere industrirettet utdanning med fokus på romfart som en næring og det lovverk og reguleringer samt muligheter, som finnes.
- Bruk av virkemidler som oppfordrer til inkludering av romfart som satsningsområde for eksisterende næringsklynger.



Bilder og illustrasjoner fra private firma som har, eller planlegger, produkt og tjenester for romturisme, romtransport og romstasjoner. Bilder: (Øverst fra venstre) Space X, Falcon 9 rakett, Bigelow Aerospace, BA-330-modul og illustrasjon av flere moduler montert i jordbane, Virgin Galactic, SpaceShip Two, Orbital SpacePlane og EADS Astrium SpacePlane.

5.7 Hvorfor utforske Verdensrommet?

I dette delkapittelet skal vi se nærmere på utsagnene som ble gitt sammen med dette spørsmålet i begynnelsen av rapporten.

- Fordi vi trenger kunnskap om hvordan å overleve der ute.

En satsning på, og deltagelse i, verdens romfartsprogrammer vil være nødvendig for å kunne forberede oss på hva fremtiden vil bringe. I et menneskes perspektiv kan denne fremtiden synes uendelig langt frem i tid, men menneskeheten bør begynne å ta innover seg at de livgivende forholdene, slik vi kjenner dem på Jorden i dag, har et datostempel.

Den kraftige befolkningsøkningen som verden nå opplever, gjør at en økende mengde mennesker bosetter seg i områder som tidligere generasjoner har unngått på grunn av kunnskap og historier om en lunefull natur. Likevel synes overraskelsen stor når naturkatastrofene som kommer med 50-100 års mellomrom ødelegger hele samfunn.

På samme måte synes man å ignorere den økende mengde kunnskap som forteller oss at Verdensrommet, også den delen som Jorden tilhører, har en voldsom, fiendtlig natur, og en historie av hendelser som flere ganger har forvandlet jordklodens miljø dramatisk. At disse hendelsene forekommer med enda lengre mellomrom enn vanlige naturkatastrofer gjør det tilsvarende vanskelig, om ikke umulig, å beholde det som et aktuelt tema i samfunnsdiskusjonene.

Av hendelser og forhold med kosmiske størrelser kan man nevne kollisjoner med asteroider eller kometer, endringer i bane og rotasjon hos solsystemets planeter, endringer i Jordens magnetfelt, endring i Solens intensitet, ekstrem stråling fra kosmiske hendelser og kollisjoner mellom galakser som noen eksempler. Det finnes en bred vitenskapelig enighet om at en eller flere hendelser av denne typen før eller senere kommer til å kraftig endre eller ødelegge forholdene for liv på Jorden.

I tillegg til de hendelser og endringer med galaktiske størrelser står vi også ovenfor mange endringer av klima og miljø på Jorden som er skapt av mennesker. Store vulkanutbrudd, jordskjelv og enorme utslipp av CO₂ fra havbunn og smeltende permafrost kan også forårsake kraftige endringer i levestandardene på Jorden.

Naturen og menneskeheten har i de siste 12000 årene fått utvikle seg under en periode med tilnærmet perfekte forhold. En periode som i geologien er kjent som den holocene⁷⁶ epoke.

I denne epoken har et optimalt samvirke av temperatur, lys, luftsammensetning og det hydrologiske systemet gjort utviklingen og spredningen av mange høyerestående dyrearter mulig. En utvikling og spredning som har resultert i dagens globale samfunn med cirka 7 milliarder mennesker.

Den samme utviklingen har fått geologien til å definere en ny epoke, den anthropocene⁷⁷, også kalt menneskehetens tidsalder. Vår suksess som art har gjort at vårt samfunn nærmer seg, eller har passert, en bærekraftig utnyttelse av Jordens ressurser. Per i dag er summen av vår innvirkning på Jordens økosystem negativ og tilsynelatende uten kontroll.

Historien gir oss et godt bilde på hva som kommer til å skje etter hvert som vi fortsetter å presse Jordens bærekraft. Virkeligheten vil helt sikkert utgjøre en kombinasjon, men de følgende scenarioene er godt kjent fra historien. Om vi enda ikke har sett dem i globale størrelser, så er de godt kjent fra lokale og regionale nivå.

- Naturkatastrofer og menneskelige tiltak vil regulere artenes antall, spredning og forbruk til et bærekraftig nivå. Et nivå som på grunn av et skadet økosystem vil være mye lavere en dagens 7 milliarder mennesker.

- Maktbruk og konflikter reduserer artens antall og fordeler ressursene som naturkatastrofene skåner.

- En storstilt emigrasjon med søken etter nye ressurser og nye hjem for fremtidens generasjoner.

Denne emigrasjonen kan kun skje utover, utover det nye havet og mot de nye kontinentene. Emigrasjon med annen destinasjon her på Jorden vil ytterligere forsterke de to foregående scenario, kanskje med unntak av Jordens enorme havområder.

⁷⁶ Holocene periode er en geologisk epoke som startet for cirka 12000 år siden, og har vart helt frem til nåtiden.

⁷⁷ Anthropocene er beskrevet som den perioden hvor menneskeheten har hatt, og har, signifikant innvirkning på Jordens klima og miljø.

To visjoner som vil være avgjørende for å endre fremtidens utfordringer til framtidige muligheter er:

- Å utvide kunnskapen om klima og miljø slik at teknologi og samfunn kan utvikle seg i harmoni med Jordens økosystem. Dette inkluderer økt utnyttelse av verdenshavene.
- Å utvikle kunnskap og teknologi som kan realisere en reise utover, utover mot det nye grenselandet som Verdensrommet utgjør.

Kunnskapen og teknologien som trengs i disse to visjonene har mange fellestrekk og et felles mål:

- Å opprettholde et balansert regenererende (øko)system med optimale leveforhold i Verdensrommets ekstreme miljø.

Tre eksempler på prosjekter hvor definisjonen på langsiktig tenkning ligger nærmere 1000 år enn 100 år, er frøhvelvet på Svalbard, mediaarkivet i Mo i Rana og Finlands tiltak for lagring av atomavfall.

I et samfunn preget av kortsiktige perspektiv, gir slike prosjekter grunn til optimisme for dem som prøver å etablere romfart og Verdensrommet sin betydning for fremtiden som et viktig tema i samfunnsdebatten.

Lagring og sikkerhetskrav til de finske deponiene for atomavfall ved Olkiluoto i Finland omfatter krav om at det etter 10 000 år, for eksempel etter en ny istid, skal være mulig å bore seg helt ned til kapslene på leting etter vann, uten at man risikerer farlig stråling.

En ulykke ved reaktorene er ikke det man frykter mest, usikkerheten om hva som skjer med avfallet ved neste istid synes mer skremmende.

Forskerne og teknologene har også et tidsperspektiv som strekker seg lenger enn til neste antatte istid om 10 000 år. En problemstilling man funderer på, er hvordan informasjon skal bringes videre fra generasjon til generasjon. Hvem skal eie informasjonen og hva er den skrevet på?

Et perspektiv på 10 000 år åpner for mange interessante spørsmål. For eksempel; hva vil skje med vårt skandinaviske miljø og kultur under neste istid?

Nasjonalbiblioteket er i ferd med å lagre all norsk musikk, film og tekst opp gjennom historien på data. Arbeidet med digitalisering skal pågå i 25 år, og tidsperspektivet for den digitale lagringen ved Nasjonalbiblioteket i Mo i Rana er intet mindre enn 1000 år.

Opphavsrettigheter, data og lagringsformat er store utfordringer som prosjektet møter. Alle som har opplevd de siste 25 år med utvikling i data og elektronikk, vil nok påstå at dette i beste tilfelle vil være et kontinuerlig prosjekt, som vil pågå så lenge det foregår en evolusjon innen data- og elektronikkbransjen.

Prosjektet deler noe av filosofien som ligger bak ønsket om å bevare menneskehetens kultur og historie på flest mulige steder i Verdensrommet. En bevaring uavhengig av revolusjoner og katastrofer som kan ramme Jorden, en bevaring uavhengig av Jorden selv.

Frøhvelvet på Svalbard er en del av innsatsen for å ivareta klodens raskt avtagende biologiske mangfold. Mangfoldet i matplantene er helt nødvendig for sikker matproduksjon. Anlegget er gravd dypt inn i frossent, arktisk fjell, og vil bevare milliarder av frø i århundrer, kanskje mer. Enkelte av frøene i hvelvet kan være levedyktige i flere tusen år.

Utvalget av frø representerer alle viktige sorter av matplanter som finnes i verden i dag. Samtidig som hvelvet beskytter mot det daglige tapet av mangfold, kan det også vise seg uunnværlig for å gjenoppta landbruksproduksjonen på regionalt eller globalt nivå etter en naturkatastrofe.

Evolusjonen har skapt frø som ved riktig oppbevaring kan overleve i årtusener. Hvete kan vare i 1700 år, bygg i 2000 år og durra i nesten 20 000 år. Tatt i betraktning Jordens historie med dramatiske endringer i klima, kan plantefrøenes egenskapene ha tjent sin arts overlevelse på en god måte.

Mennesket trenger derimot levedyktige forhold for hver generasjon for å overleve. Evolusjon har gitt oss ganske andre egenskaper enn frø. Egenskaper som blant annet gjør at vi i stor grad kan påvirke vår egen evolusjon. Med tanke på, og med ansvar for, vår egen framtid, ville det være nytting å anvende samme tidsperspektiver som plantefrøene når vi diskuterer overlevelsen av vår egen art.

I diskusjoner og visjoner for menneskeheten med 1000 – 10 000 års tidsperspektiv, vil det være spennende å se hvilken rolle romfart og Verdensrommet kan, og burde, få.

- Fordi Verdensrommet har nok ressurser og mysterier til å mette menneskehetens appetitt i all tenkelig framtid.

Vi mennesker trenger å løse mysterier og å møte utfordringer. Det er en del av vår natur, og en avgjørende del av vår kultur.

Mystikk kan beskrives som en umiddelbar, direkte opplevelse av tilværelsens dypeste virkelighet, av naturens enhet og harmoni, eller av kontakt med en guddom. En opplevelse av mystikk har bestandig hatt en spesiell betydning for mennesket.

En kontinuerlig utforskning av Verdensrommet ville være en utømmelig kilde til mysterier. Ikke bare for dem som personlig får oppleve å sette fotspor på fremmede himmellegemer, men også for hele menneskeheten gjennom historiene og fortellingene om disse oppdagelsene og opplevelsene.

Utfordringer, enten de fremstår som trusler mot våre liv og levnet, eller ideer skapt av vår intellekt, synes å motivere og forene mennesker på en helt unik måte.

Historien har mange eksempler som viser at menneskets virkelige kapasitet best kommer til syne når man blir stilt ovenfor alvorlige utfordringer. Dessverre viser den samme historien at de aller fleste utfordringer som har samlet og forent mennesker til store bragder, har hatt en felles ytre fiende som fellesnevner.

Utfordringene ved utforskning og utnyttelse av Verdensrommet har potensial til å forene alle mennesker i en felles utfordring, til å skape en felles følelse av mystikk.

Som i de fleste menneskelige aktiviteter vil sunn konkurranse ha en positiv rolle også i utforskningen av Verdensrommet. Det viktigste er at vi ikke tillater Verdensrommet å bli nok en arena som benyttes til å samle mennesker til fiendtlighet ovenfor andre mennesker.

Ressursene er ikke jevnt fordelt i dagens globale samfunn. I en verden der vårt økonomiske system har vært utviklet for, og er i dag basert på, en kontinuerlig ekspansjon, vil Jordens avgrensede størrelse og ressurser utgjøre en fundamental utfordring for fremtidens globale økonomi og verdensorden, det vil si fordelingen av verdens ressurser.

I valget mellom å endre natur og samfunnsstruktur og anskaffe nye ressurser, har moderne historie et flertall av eksempler på det siste.

De mest typiske gruppene av begrensede naturressurser er i dag karbonbaserte energibærere, rent vann, bærekraftige næringskjeder, mineraler og edle metaller, spaltbart materiale og etter hvert landområder.

Med noen få unntak finnes det i dag ingen realistiske planer for å "importere" ressurser fra Verdensrommet til Jorden. Teknologien for å høste av Verdensrommets ressurser ligger enda mange år frem i tid, og resirkulering samt økende utvinning fra ubenyttede ressurser på Jorden vil fortsatt være mer kostnadseffektivt. Det er god grunn til å tro at ressursene som skjuler seg under havbunnen vil høstes før industrien snur seg mot Verdensrommet.

To scenario som likevel gjør det interessant å vurdere utviklingen av teknologi for å høste av Verdensrommets ressurser er:

- Fortsatt vekst i markedet for mineraler og grunnstoff som ikke, eller i liten grad, finnes på Jorden.
- Økende aktiviteter i Verdensrommet vil gjøre det lønnsomt å produsere mest mulig av fremtidens romfartsinfrastruktur lokalt, for eksempel på Månen.

Helium-3 høstet fra Månens overflate for å brukes som brensel i fusjonsreaktorer⁷⁸ her på Jorden er kanskje det mest omtalte scenario for utnyttelse av materialer fra Verdensrommet. Helium-3 er en ikke-radioaktiv isotop av helium som er veldig sjelden på Jorden. Diamanter, rhodium, osmium og uran er andre eksempler på veldig kostbare materialer.

⁷⁸ En reaktor som skaper energi ved hjelp av kjernefysisk fusjon. Det eksisterer i dag ingen fusjonsreaktorer med netto energiutbytte. Med dagens utvikling ligger reaktorer for kommersiell energiproduksjon 30-50 år fram i tid.

I følge "Metals Economics Group"⁷⁹ var verdens samlede budsjetter for leting etter nye mineralforekomster i 2008 på cirka 14.4 milliarder USD⁸⁰.

Omtrent 700 millioner av disse var beregnet for uran alene. Rhodium koster i dag omkring 80 000 USD per kilo, og osmium omkring 100 000 USD per kilo.

Selv med svimlende summer brukt på leting etter nye ressurser her på Jorden er dagens kostnader ved romtransport tilsvarende høye. I dag koster det cirka 22 000 USD per kilo som skal til transporteres til geostasjonær bane. Prisen for å returnere et kilo er minst like høy. Dette gjør per i dag "gruvedrift" i Verdensrommet til en lite lønnsom affære.

Men med en forventet betydelig reduksjon i transportkostnadene, og en kontinuerlig økning i råvare- og materialpriser, er det bare spørsmål om tid før teknologien for å utvinne ressursene i Verdensrommet vil bli den etterspurte og avgjørende kostnadsfaktoren. Elementære forhold ved tilbud og etterspørsel vil selvsagt også spille inn, for eksempel hvor mange tonn som trengs for å senke prisen på en vare betydelig.

Den samme betydelig reduksjon av kostnadene på romtransport vil føre til økte muligheter for permanente bosetninger, for eksempel på Månen. Med en slik utvikling vil det raskt bli interessant å produsere mest mulig av romfartsinfrastrukturen i Verdensrommet. En slik produksjon vil best forsynes fra ressurser i Verdensrommet. For eksempel ved "gruvedrift" på asteroider.

Sett i lyset av utfordringene, både teknologiske og sosiale, vi står ovenfor i forbindelse med en bærekraftig utnyttelse av Jordens ressurser, synes ikke en utforskning og utnyttelse av Verdensrommets utømmelige ressurser som en betydelig større utfordring.

Framtiden vil nok kreve av oss at vi lykkes med begge utfordringene.

- Fordi den som kontrollerer kunnskapen og ressursene holder nøkkelen til morgendagens industri og samfunn.

Når vi her diskuterer "morgendagen", anvendes et tidsperspektiv som ligger nærmere 100 år. Det som i et 3-4 års perspektiv kan virke nødvendig og riktig, kan i et 100 års perspektiv

være uklokt, eller i beste fall uten omtanke på relevante utfordringer.

Kjernen ved fremtidsscenarioet som denne rapporten tegner, er at menneskeheten vil bli en romreisende sivilisasjon, og Jordens økonomiske og folkerettslige sfære vil omfatte stadig større deler av Verdensrommet.

Hvor raskt denne utviklingen vil skje er derimot vanskelig å forutse.

Det som synes klart, er at kunnskap og teknologi som trengs for å leve og reise i Verdensrommet har mye til felles med den vi trenger for å møte morgendagens utfordringer her på Jorden.

Den som kontrollerer kunnskapen og teknologien til å resirkulere kritiske ressurser og "leve av landet", på samme måte som man må gjøre ved lengre reiser i Verdensrommet, holder også løsningene på morgendagens utfordringer for klima og miljø her på Jorden. Løsninger som samtidig vil tillate en kontinuerlig vekst i verdens velstand og økonomi.

Det er mange måter å betrakte verden på. Noen ser den gjennom religionenes tolkning av sammenhenger, og får gjennom det en følelse av forståelse. Andre ser verden gjennom naturvitenskapens, og finner mening i svarene som den vitenskapelige metode gir. Atter andre klarer å kombinere disse tankeverdene.

Uavhengig av livssyn, så har bilder tatt av Jorden fra Verdensrommet, bilder av en blå oase i Verdensrommets sorte uendelighet, startet en epoke som endret menneskehetens betraktning av verden til en betraktning av Verdensrommet.

Våre betraktninger av fremtiden for det norske samfunn, og for vår rolle i verdenssamfunnet, vil aldri bli fullstendig uten at vi vurderer hvilken rolle romfart vil få i verden, og hvilken rolle mennesket vil få i Verdensrommet.

I det videre arbeidet med å definere romfarts rolle og betydning i fremtidens samfunn, vil det være klokt å bære med seg følgende ordtak.

**Ikke alt som kan telles teller og
ikke alt som teller kan telles.
Albert Einstein**

⁷⁹ <http://www.metalseconomics.com/>

⁸⁰ United States Dollar (USD).

5.8 Programmer og bevilgninger

Dette delkapittelet beskriver kort noen programmer, og forventede bevilgninger, relevant for norsk romfart.

Prinsippene for industripolitikken forventes å forbli de samme som i dag. Arbeid med å nå ut til norske aktører, og bidra til deres kvalifisering som leverandører til romfartsnæringen, vil være viktig. Virkemiddelapparatet og prosessene rettet mot de norske aktørene i romfartsindustrien må forholde seg til svingninger i aktivitetsnivået og etterspørsel fra aktørene.

ESAs programmer for bemannet romfart og utforskning med norsk deltagelse omtales ofte som "romstasjon, mikrogravitasjon og utforskning". Programmatisk er aktivitetene implementert som flere enkeltstående program, med dedikerte aktiviteter. Disse programmene har per i dag en norsk deltagelse tilnærmet ¼ NNI⁸¹. Ved fremtidige forhandlinger om romstasjonsprogrammet vil en økning til NNI-nivå, det vi si en firedobling, muligens bli et tema. Første viktige beslutningspunkt vil være ESAs ministerkonferanse i 2012.

Andre relevante ESA-programmer er her omtalt som romtransport og teknologiutvikling, og omfatter flere enkeltprogrammer som Prodex, GSP⁸², GSTP⁸³ og TRP⁸⁴. Teknologi- og forskningsprogrammene omfatter hovedsakelig generell romvirksomhet, men åpner også for prosjekter relatert til romfart.

Disse programmene gir bedre muligheter til å velge nasjonale prosjekter, med tanke på å styrke kompetanse og posisjon til norske aktører. Den norske deltakelsen i GSTP og PRODEX har variert mye opp gjennom årene. GSP og TRP er programmer som ligger under den obligatoriske delen av ESA.

EUs syvende rammeprogram omfatter i dag en egen "rom-del". Hovedfokus her er på miljøovervåkingsprogrammet GMES⁸⁵, men FP7 gir også noen muligheter for prosjekter relatert til romstasjonen og utforskning.

Mulige utvidelser av EUs programmer omfatter inkludering av romstasjonen som del av den europeiske forskningsinfrastruktur og drift av ESAs oppskytningsbase i Korou, Fransk Guyana. En omfattende satsning av EU på bemannet romfart og utforskning, med årlig budsjett på cirka 1 milliard euro, er også foreslått som en del av de pågående diskusjonene i Europa.

Nasjonale program omfatter Norsk forskningsråds "ROMFORSK"-program, som i dag ikke omfatter romfart, og nasjonale følgemidler som fordeles av Norsk romsenter.

Bevilgningen til nasjonale følgemidler var i 2009 på 43.2 mill. kroner. Av disse var 12.5 mill. kroner øremerket til arbeid med en norsk satellitt for mottak av AIS-signaler. Videre ble 15.8 mill. kroner brukt til industriutvikling, 8.4 mill. kroner til tjenesteutvikling og 5.8 mill. kroner til vitenskap og undervisningsutvikling. AIS er sett på som en dedikert, nasjonal satsning.

⁸¹ Netto nasjonal inntekt (NNI). Norsk NNI-nivå er for de kommende årene forventet å ligge omkring 2.3 %. Norsk deltagelse på NNI-nivå i et 100 mill. ESA-program vil utgjøre cirka 2.3 mill.

⁸² General Studies Programme (GSP).

⁸³ General Support Technology Programme (GSTP).

⁸⁴ Basic Technology Research Programme (TRP).

⁸⁵ Global Monitoring for Environment and Security (GMES).

Vedlegg 1 - Ordliste

AEB	- Brazilian Space Agency eller Agência Espacial Brasileira
AIS	- Automatic Identification System
AMASE	- Artic Mars Analog Svalbard Expedition
ANGKASA	- Malaysian National Space Agency
ANITA	- Analysing Interferometer for Ambient Air
ARES	- Air REvitalisation System
ARTES	- Advanced Research in Telecommunications Systems
AR	- Augmented Reality
ASIM	- Atmosphere-Space Interaction Monitor
ASTP	- Apollo-Soyuz Test Project
ARV	- Advanced Re-entry Vehicle (ESA)
ATV	- Automated Transfer Vehicle (ESA)
CD	- Conference on Disarmament
CELSS	- Controlled (or Closed) Ecological Life Support Systems
CMR	- Chrisitan Michelsen Research
CIRiS	- Centre for Interdisciplinary Research in Space
CNSA	- China National Space Administration
COPUOS	- United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space
CSA	- Canadian Space Agency
ECLSS	- Environmental Control and Life Support System
EML	- Electromagnetic Levitator
ESA	- European Space Agency
ESTEC	- European Space Research and Technology Centre
FFI	- Forsvarets Forskningsinstitutt
GES	- Global Exolpration Strategy
GMES	- Global Monitoring for Environment and Security
GSP	- General Support Program
GSTP	- General Support Technology Programme
HTV	- H (Class) Transfer Vehicle (JAXA)
IFE	- Institutt for Energiteknikk
ISRO	- Indian Space Research Organisation
ISS	- International Space Station
ITAR	- International Traffic in Arms Regulations
JAXA	- Japan Aerospace Exploration Agency
MELiSSA	- Micro-Ecological Life Support System Alternative
NASA	- National Aeronautics and Space Administration
NIFRO	- Norsk Industriforum for Romvirksomhet
NNI	- Netto nasjonal inntekt
NORUT	- Northern Research Institute
NTNU	- Norges Teknisk Naturvitenskaplige Universitet
NUI	- Norsk Undervannsintervensjon
N-USOC	- Norwegian User Support and Operations Centre
RSA	- Russian Federal Space Agency / Roscosmos
UNOOSA	- United Nations Office for Outer Space Affairs
UNESCO	- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

Vedlegg 2 – Sluttnoter og referanser

i The Future of Human Spaceflight: Objectives and Policy Implications in a Global Context

- ISBN#: 0-87724-082-5.

ii Review of U.S. Human Spaceflight Plans Committee. http://legislative.nasa.gov/396093main_HSF_Cmte_FinalReport.pdf

iii House Subcommittee on Space and Aeronautics, U.S.-Russian Cooperation in Space, 108th Cong., 1st sess. (June 11, 2003).

iv Bezdek and Wendling (1992), Sharing out NASA's spoils, Nature 355, 105-106.

v "The Chinese Celebrate Their Roaring Economy as They Struggle with Its Costs," Pew Research Center, July 22, 2008.

<http://pewresearch.org/pubs/906/china-economy>

vi "Nation in Great Excitement," Xinhua News Agency, October 12, 2005.

http://news.xinhuanet.com/english/2005-10/12/content_3610349.htm

vii Norwegian Space Activities 1958-2003 – A Historical Overview – ISBN#: 92-90920546-9.

viii Hjorthol, L.M. (2009) Leire i fritt fall, Forskning.no (13. april 2009).

ix Henriksen, T. (1995) Stråling og Helse, - ISBN 82-992073-2-0.

x Fra Forsvarets forskningsinstitutt historie - utgitt 2006.

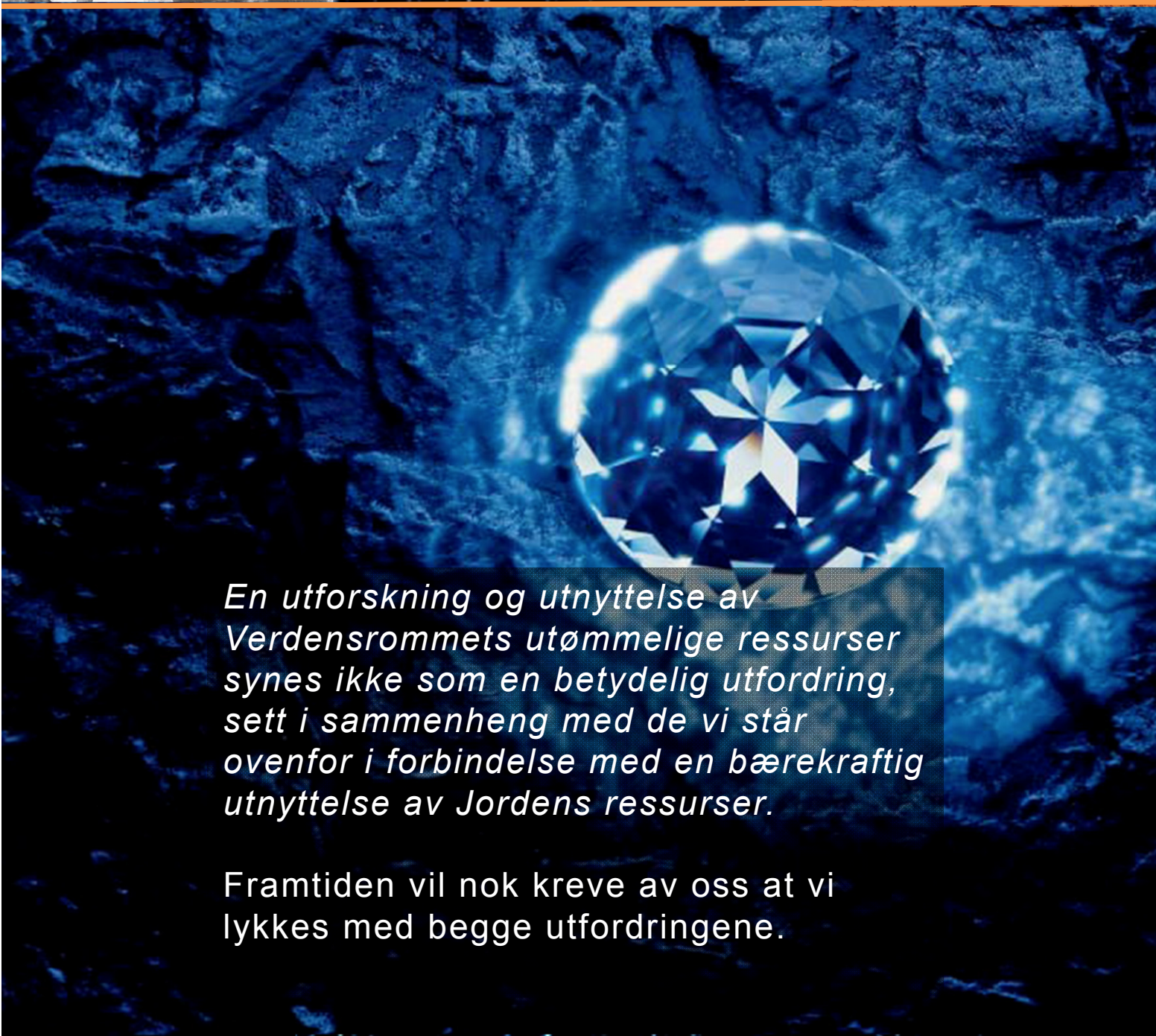
xi Reve, T., (2009) Praktisk Økonomi og Finans, 3, 13-23.



© Aschehoug

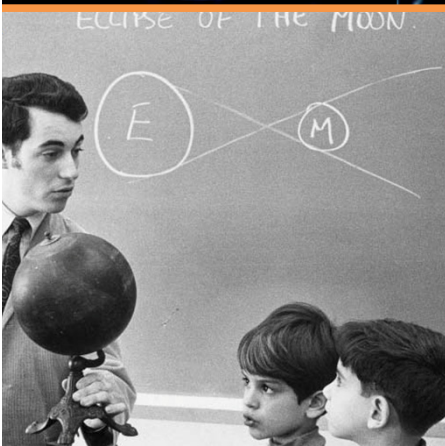
Nordmenn er godt representert i Europas omfattende historie om utreise og utforskning.

En betydelig satsning og deltagelse i Europas, og verdens, utforskning og utnyttelse av Verdensrommet, vil gi fremtidens nordmenn mulighet til å fortsette å skrive på denne stolte, norske historien.



En utforskning og utnyttelse av Verdensrommets utømmelige ressurser synes ikke som en betydelig utfordring, sett i sammenheng med de vi står ovenfor i forbindelse med en bærekraftig utnyttelse av Jordens ressurser.

Framtiden vil nok kreve av oss at vi lykkes med begge utfordringene.



Ungdom som svarer at de har liten interesse for naturvitenskap og matematikk, svarer samtidig at de har stor interesse for Verdensrommet og romfartøy.

Man skal ikke undervurdere den reformerende kraften i en befolkning som føler at de har deltagelse og påvirkning i utforskningen av et nytt grenseland.



Illustrasjoner: ESA

*Våre betraktninger av fremtiden for
det norske samfunn, og for vår rolle i
verdenssamfunnet, vil aldri bli fullstendig,
uten å at vi vurderer hvilken rolle romfart
vil få i verden, og hvilken rolle mennesket
vil få i Verdensrommet.*



NTNU
Samfunnsforskning AS

Dragvoll Allé 38 B
7491 Trondheim
Norway

Tel: 73 59 63 00
Fax: 73 59 66 24

For ytterligere informasjon,
kontakt Knut R. Fossum

ISBN 978-82-7570-247-8

Rapport 2011
CIRiS

En rapport om bemannet romfart i Norge
