

2024-4

# ROMFART



[www.facebook.com/romfart](https://www.facebook.com/romfart)

[www.romfart.no](https://www.romfart.no)

**Europa Clipper**  
på vei til Jupiter

**Astroide-  
sonden Hera**  
skutt opp

New Glenn:  
**Ny kjemperakett**  
snart klar

Banebrytende  
**Starship-  
testferder**

# INNHold

## Leder

Skjedde det noe spennende i 2024? Det mest spennende romfartsprogrammet i 2020-årene er Artemis-programmet, men programmet er uten oppskytinger i 2023 og 2024. Det er omtrent to år siden den ubemannede ferden med Artemis 1 (november 2022). Og vi er ikke helt sikre på at Artemis 2 virkelig vil bli skutt opp i september 2025. Vi velger i det lengste å være optimistiske når vi nå snart begynner på året 2025.

Da SpaceX gjennomførte årets tredje test-oppolyting av Super Heavy/Starship den 13. oktober, var flere medier raskt ute med å melde at *måneferdet* til SpaceX hadde gjennomført en vellykket test, faktisk meldte de dette før Starship hadde landet i Det indiske hav. Da hadde Super Heavy gjennomført en vellykket retur til oppolytingsplattformen. En times tid senere kunne man slå fast at Starship også gjennomførte en vellykket myk landing i havet. Det er ikke vanskelig å karakterisere denne femte test-oppolytingen som et av årets høydepunkter. Likevel er det mye som gjenstår før man kan si at Starship er klar for månelandinger. I media legger man merke til at Elon Musk snakker om både månelandinger og ferder til Mars før 2030. Imidlertid bør vi antagelig se på Super Heavy/Starship først og fremst som en billig og effektiv løsning for å frakte satellitter opp i jordbane. Vi mistenker dessuten at Elon Musk ikke har satt seg inn i forholdene på Mars. Hvis han sender mennesker til Mars om fire år, formodentlig uten retur-billett, er det lite sannsynlig at de vil overleve veldig lenge på Mars. Til sammenligning sier NASA at man tar sikte på en bemannet ferd til Mars en gang i 2040-årene.

SpaceX har i skrivende stund gjennomført fire test-oppolytinger av Starship i 2024. Ennå har ikke Starship gått i bane rundt Jorden. Vi må se fram til mer enn fire testoppolytinger i 2025. Ifølge SpaceX er målet at man i løpet av 2025 skal ha utviklet kapasitet til å gjennomføre minst to oppolytinger i måneden. Og da er man nok også avhengig av at retur til oppolytingsbasen fungerer problemfritt for både Super Heavy og Starship. Under den sjette test-ferden måtte man la Super Heavy lande i havet.

Det var selvfølgelig også knyttet stor spenning til oppolytingen av Europa Clipper. Det gikk bra, men virkelig spennende blir det først på 2030-tallet, etter at sonden har gått inn i bane rundt Jupiter.

Redaksjonen



### Utgiver:

Norsk Astronautisk Forening  
Postboks 52 Blindern, 0313 Oslo

### Årgang:

Nr. 213 (Nr. 2024-4)

### Redaksjon:

Redaksjonskomité: Øyvind Gulbrandsen,  
Jan Petter Løberg og Ragnar Thorbjørnsen  
Redaksjonsmedarbeider: Per Olav Sanner

### Telefon:

948 78 168

### E-post:

naf@romfart.no  
redaksjonen@romfart.no

### Nettside:

www.romfart.no

### Kontonr.:

9235.15.91406

### Org.nr.:

979.960.875

### Design & layout:

Maria Hammerstrøm

### Trykk:

Bedriftstrykkeriet AS

### Utgivelsesfrekvens:

Fire nummer per år

### Opplag:

480

### ISSN:

1502-5276

### Abonnement:

Abonnement på Romfart følger med medlemskap i Norsk Astronautisk Forening, noe som også inkluderer nyhetsmeldingene eRomfart (per e-post) og innbydelse til foreningens møter, foredrag, arrangementer og ekskursjoner. Personlige medlemmer: kr. 300,- per år. Gruppemedlemmer (info i tre eks.): kr. 500,-

### Annonsering

A6: kr. 250, A5: kr. 500, A4 (helside): kr. 1000

Prisene er i fargetrykk.

Annonsering i flere utgaver: kontakt redaksjonen

Annonseansvarlig: Per Arne Marthinsen

### Opphavsrett:

Artikler, innlegg og bilder kan gjengis kun etter skriftlig tillatelse fra redaktøren og/eller artikkelforfatteren/fotografen. Artikler og innlegg uttrykker forfatterens personlige meninger, og er ikke nødvendigvis å oppfatte som redaksjonens eller foreningens. Dersom artikler fra bladet blir helt eller delvis gjengitt, eller de blir brukt som kildemateriale, må følgende retningslinjer følges:

1) Gjengitt fra kilde: Romfart nr. xx, publikasjonsår, artikkelens tittel, artikkelforfatteren(e)s navn, «Utgitt av Norsk Astronautisk Forening».

2) To eksemplarer (evt. kopier) av publikasjoner skal sendes redaksjonen.

**5** Femte og sjette Starship/  
Super Heavy-testferd



**Aktuelt**

Intervju med Bill Nelson	<b>4</b>
Femte og sjette Starship/Super Heavy-testferd	<b>5</b>

**22** 4G-kommunikasjon i romdrakten



**Bemannet romfart**

Artemis: Hvorfor så vanskelig?	<b>10</b>
NASA planlegger erstatning for ISS	<b>16</b>
4G-kommunikasjon i romdrakten	<b>20</b>
Etterspurte ESA-astronauter	<b>23</b>
Bærekraftig utforskning av Månen og planetene	<b>28</b>

**32** Europa Clipper på vei mot Jupiter



**Ubemannet romfart**

Europa Clipper på vei mot Jupiter	<b>30</b>
Asteroidesonden Hera skutt opp	<b>38</b>
New Glenn	<b>42</b>



Bill Nelson.

Det følgende er et referat fra et intervju med NASA-sjefen, Bill Nelson, som ble gjort av det amerikanske tidsskriftet *Aviation Week & Space Technology* i begynnelsen av oktober. I denne oversettelsen til norsk nøyer vi oss med å plukke ut noe av det mest interessante som ble sagt, hvilket absolutt ikke betyr at det meste er utelatt. Det ble stilt mange interessante spørsmål, og svarene var tilsvarende minst like interessante. Bill Nelson har bakgrunn som politiker, han har sittet både i Representantenes hus og i Senatet. I 1986 fikk han anledning til å være med på en romfergeferd, faktisk den siste før Challenger-ulykken. Bill Nelson ble utnevnt til NASA-sjef da Joe Biden overtok president-embedet i 2021. Han er omtrent to måneder yngre enn presidenten. Derfor kan vi trygt anta at Bill Nelson, da dette intervjuet ble gjort, uansett ikke regnet med å fortsette som NASA-sjef etter den 20. januar 2025.

Det første spørsmålet handler om samarbeidet med Russland, som har en historie tilbake til ASTP (Apollo-Soyuz Test Project) i 1975, og som vil strekke seg fram til 2030. Nelson legger ikke skjul på at krigen i Ukarina har skapt vanskeligheter for samarbeidet, men understreker naturligvis at driften av Den internasjonale

**«Hvorfor skal jeg i 2024 bry meg om hva som skjer etter at romstasjonsprogrammet er over?»**

## Intervju med Bill Nelson

Ragnar Thorbjørnsen

romstasjonen ikke er mulig uten at samarbeidet fortsetter så lenge den skal være operativ. Så spørres det om hva som skjer etter 2030, til det svarer han bare at han har mye å tenke på, men akkurat det bryr han seg ikke om. «Hvorfor skal jeg i 2024 bry meg om hva som skjer etter at romstasjonsprogrammet er over?»

Neste tema er Boeings Starliner. Kunne NASA gjort noe annerledes? Nelson minner om at også SpaceX hadde problemer til å begynne med. Han unngår imidlertid å svare direkte på spørsmålet, han forventer at Boeing før eller siden vil lykkes med Starliner. Han legger til at NASA trenger to uavhengige leverandører av bemannede romskip for ferder til jordbane.

Mange kritiserer NASA for Artemis-programmet. Vil Artemis-arkitekturen overleve hvis det viser seg at SpaceX lykkes med Super Heavy/Starship-arkitekturen? Her har han et veldig enkelt svar. Han er uenig i tanken bak spørsmålet: «Slike private selskaper (som SpaceX) vil ikke erstatte NASA og Artemis.»

Men hvis de kan gjøre jobben til en lavere pris? «SpaceX hadde ikke vært der de er i dag, hadde det ikke vært for bistand fra NASA, vi var tidlig ute med investeringer i SpaceX. Kanskje kan spørsmålet stilles en gang i fremtiden, men da er vi antagelig mer opptatt av å realisere ny teknologi, som skal bringe oss til Mars.»

Representerer Kina en trussel mot USAs lederposisjon i rommet? Bill Nelson har tidligere brukt Kinas militære operasjoner i Sørkinahavet som eksempel på hva USA bør frykte at kan skje i Månens sydpolområde om ikke USAs astronauter lander der før kineserne. Nå svarer han følgende:

«I Sørkinahavet ser vi at de prøver å utvide sitt territorium. Jeg vil ikke at det samme skal skje på Månen, at de kommer før oss, og sier 'dette er vårt, hold dere unna'. Vi regner med at det finnes vann der, og det vil være en verdifull ressurs, derfor tror jeg at Kina vil prøve å komme først. Men jeg har tro på at vi vil komme før dem.»

Er du bekymret for om Artemis 3 vil bli skutt opp som planlagt i 2026? «Jeg er selvfølgelig bekymret for om vi klarer å holde tidsplanen, flere ting ligger utenfor vår kontroll.» Her nevner han blant annet de vanskelighetene SpaceX har med å få tillatelse til testoppskytingene fra FAA (Federal Aviation Administration).

Med en referanse til problemene som oppstod med hensyn til kostnadsover-

**«SpaceX hadde ikke vært der de er i dag, hadde det ikke vært for bistand fra NASA, vi var tidlig ute med investeringer i SpaceX.»**

skridelser for MSR (Mars Sample Return), der NASA valgte å be industrien om nye forslag til hvordan prøver fra Mars kan bringes tilbake til Jorden, spørres det så om han kan se for seg en lignende fremgangsmåte for å gjøre Artemis-programmet billigere. Her prøvde han seg først med et svar som egentlig ikke var svar på spørsmålet: «Vi mangler ikke incentiver for å sende astronauter til Månen for å forhindre at en konkurrent plutselig er der og sier – Dette er vårt.»

Spørsmålet ble derfor gjentatt, med en litt annen innfallsvinkel: I disse tider, med stramme budsjetter, synes du det er greit med de beløpene som NASA bruker på SLS, Orion og Gateway? «Jeg skulle gjerne sett at det koster mindre, men når man utvikler teknologi for å gjøre vanskelige ting, da må det koste mye penger. Jeg ser alltid etter måter vi kan gjøre det billigere på, for eksempel er det derfor vi involverer kommersielle partnere og internasjonale samarbeidspartnere; den japanske roveren, seksjoner til Gateway og den europeiske serviceseksjonen til Orion er eksempler på det siste.» ●

# Femte og sjette Starship/Super Heavy-testferd

Øyvind Gulbrandsen



← **CATCH ME IF YOU CAN:** Under kontroll av de tre innerste Raptor-rakettmotorene synker Super Heavy Booster 12 nedover under IFT-5, før Mechazilla-armene, også referert til som *chopsticks* («spisepinner») svinger innover og griper tak i to forbløffende små utstikkere øverst på trinnet. «Mechazilla» henviser selvsagt til en slags mekanisk versjon av Godzilla, det oppdiktete, T-Rex inspirerte gigamonsteret med dårlig humør som tramper rundt i fortrinnsvis japanske byer og med stor innsatsvilje banker skyskraperne til grushauger.

**D**en femte og sjette testferden med Starship/Super Heavy, også referert til som henholdsvis IFT-5 og IFT-6 (Integrated Flight Test), fant sted med bare fem ukers mellomrom senhøsten 2024.

På begge ferdene, som skjedde henholdsvis 13. oktober og 19. november, lyktes SpaceX i å foreta presise myklendinger

av andretrinnet Starship i Det indiske hav vest for Australia, en drøy time etter start, etter litt over et halvt omløp rundt Jorden.

### **Mechazilla-fanging**

Men det som utvilsomt skapte mest oppmerksomhet var fangingen i luften av første trinnet Super Heavy med Mechazilla-

armene under IFT-5. Mechazilla-armene, med kallenavnet spisepinnene, er montert på tårnet ved den samme oppskytingsrampen giganttraketten hadde tatt av fra syv minutter tidligere.

SpaceX klarte ikke å gjenta fangingen på IFT-6, og styrte da i stedet Super Heavy ned til en kontrollert myklending i →



↑ **NATTENS DRONNING:** Starship/Super Heavy før IFT-6.

Mexicogolfen, flere kilometer utenfor oppskytingstedet Boca Chica.

Bortsett fra dette har testferdene med Starship gjort systematiske fremskritt helt siden starten av programmet.

### IFT-5

IFT-5 var den første ferden hvor man ville forsøke å fange Super Heavy på oppskytingsplattformen. Og man lyktes altså, på det første forsøket.

IFT-5 var derimot ikke første gang man forsøkte å lande Starship helskinnet i havet. Det har man i grunnen hatt intensjon om siden IFT-1. Men først på IFT-4, som fant sted 6. juni, lyktes SpaceX med dette, om enn bare delvis. Da bommet romfartøyet på landingsstedet, siden de aerodynamiske finnene hadde fått rundjuling på veien ned gjennom atmosfæren.

På IFT-5 var varmeskjoldet, som består av 18.000 sekskantede fliser med en samlet masse på 10 tonn, forbedret, blant annet med et ekstra, varmebestandig lag under flisene, samt ekstra beskyttelse ved finnene. En direkteoverført video fra en

bøye eller sjøgående drone rett ved landingsområdet viste at Starship kom ned eksakt der det skulle.

Da idéen med å fange Super Heavy i luften ble gjort kjent for et par år siden, ble det av de fleste som mente å ha greie på slikt avskrevet som nærmest galskap. Kravene til presisjon og den åpenbart høye risikoen for et katastrofalt utfall virket overveldende.

Ved å fange Super Heavy direkte på oppskytingsplattformen trenger man i prinsippet bare fylle på drivstoff og løfte et nytt Starship på toppen med de samme Mechazilla-armene før alt sendes av gårde på en ny ferd. Vel å merke med et nytt Starship, fordi dennes ferder vil vare fra timer til måneder og år, mens Super Heavys varer noen minutter. Verken tunge landingsben eller transport til oppskytingsrampen blir nødvendig for Super Heavys vedkommende. Mens det tok månedsvis å klargjøre romfergen for en ny ferd, og fortsatt tar minst et par uker for Falcon 9, snakker SpaceX-gründer Elon Musk om timer for å klargjøre Starship til en ny ferd,

og å gjennomføre flere ferder per dag. Det høres kanskje absurd ut i dag, men det blir i tilfelle ikke første gang SpaceX gjør det absurde til virkelighet.

Det neste SpaceX nå må få på plass er å lande Starship på tørt land etter en romferd, i første omgang på Starbase ved Boca Chica, for så å bruke det på nytt. Også for Starships vedkommende vil det bli aktuelt å fange det i luften med Mechazilla-armene, formodentlig da ved det andre oppskytingstårnet som er under oppføring ved Boca Chica. Etter IFT-6 i november snakket Musk om at de ville gjøre én testferd til, før forsøk på å fange Starship på IFT-8, trolig i første kvartal 2025.

Deretter blir det å lære seg å overføre drivstoff mellom varianter av Starship-romfartøy i rommet, slik at det ene kan fortsette til Månen eller Mars. Variantene av Starship som skal lande på disse og etter hvert andre himmellegemer må selvsagt utstyres med landingsben.

Mens vi snakker om absurditeter i forbindelse med Starship-programmet: Elon



↑ **HØYT HENGER DEN:** Armene har akkurat fanget Booster 12. Øyeblikket etter ble rakettmotorene slukket. En mindre flamme fortsatte å brenne en god stund for å kvitte seg med overflødig drivstoff.



↑ **HOT STAGING:** 2 minutter og 40 sekunder etter start, i en høyde av 68 km, kobles Super Heavy Booster 13 fra Starship 31 under IFT-6, før Super Heavy snur seg for å dra tilbake til oppskytingsstedet.

## «Det som utvilsomt skapte mest oppmerksomhet var fangingen i luften av førstetrinnet Super Heavy med Mechazilla-armene under IFT-5.»

Musk, som ikke er redd for å kringkaste sin hjertens mening om mangt og meget, da helst via sin dyrekjøpte plattform X (ex-Twitter), kom tidligere på høsten, for n-te gang, med høylytt og flengende kritikk av FAA (Federal Aviation Administration – de amerikanske luftfartsmyndighetene) og deres kroniske sendrektighet med å godkjenne SpaceX' oppskytinger. Musk påpekte igjen det absurde i at FAA bruker lenger tid på flytte papirer enn SpaceX bruker på å utvikle og bygge raketene papirene omhandler.

Den direkte foranledningen for utblåsningen denne gang var at FAA hadde opplyst at de neppe ville rekke å godkjenne IFT-5 før i slutten av november, mens Musk påstod den teknisk sett hadde vært klar allerede siden august.

FAA prøvde å forklare at de var sitt ansvar bevisst, og ikke uten videre kunne la 120 meter høye raketter fly rundt i vilden sky uten å grundig undersøke hvilken påvirkning og risiko dette utgjør for folk, dyr og natur. SpaceX' stadige endinger i planene gjorde ikke saken enklere.

Det kom derfor som en overraskelse da det noen dager ut i oktober ble opplyst at ferden antakelig kunne komme til å bli godkjent allerede påfølgende helg. Da det etterlengtede godkjenningstempel endelig ble plantet, tok det kun ett døgn før SpaceX trykket på lift-off-knappen.

Åpenbart har noen snakket sammen i kulissene, ikke bare i de vel publiserte høringene hvor blant annet SpaceX' daglige leder Gwynne Shotwell har formulert seg om problematikken, i atskillig mer diplomatiske vendinger enn Musk har hatt for vane. FAA skal visstnok ha blitt satt under sterkt press fra både høytstående politikere og ikke minst NASA, hvor Starship er en essensiell del av Artemis-programmet. Som kjent er det SpaceX og Starship som har fått oppgaven med å bringe USAs neste astronauter ned på Månens overflate.

Noen dager etter IFT-6 kom også meldingen om at FAA har godkjent inntil 25 Starship-oppskytinger i året fra Boca Chica. Inntil da var kun fem i året godkjent, et håpløst lavt antall i forhold til aktivi-

tetsnivået SpaceX planlegger. Selv om de operative ferdene etter hvert skal flyttes til Kennedy Space Center.

Musk overvar for øvrig oppskytingen av IFT-6 sammen med sin nye kompis Donald Trump, to uker etter at sistnevnte hadde vunnet presidentvalget. Så blir det interessant å se om dette forholdet blir nært og langvarig nok til at det får praktisk betydning for SpaceX. Joe Biden har fått kritikk for ikke å ha overvært en eneste SpaceX-oppskyting i de snart fire årene han har sjanglet rundt i Det hvite hus.

### IFT-6

IFT-6 var i all vesentlighet ment å være en gjentakelse av den IFT-5. Dermed trengte heller ikke SpaceX vente vinter og vår på at FAA skulle godkjenne hvert punkt av ferdplanen, siden man kunne resirkulere mange av de allerede utfylte skjemaene fra IFT-5.

Noen endinger i planen hadde man likevel gjort. Generelt utsatte man på flere områder Starship for høyere belastninger enn sist, for å teste romfartøyets grenser. →



↑ **UTBLÅSNING:** Booster 13 ble ikke sendt tilbake til oppskytingstårnet, men styrt ned til en kontrollert myklanding i sjøen rundt 30 km fra land. Metantanken eksploderte i det trinnet tippet over rett etterpå.

→ **TITANIC:** Den resterende halvparten av Booster 13 ble liggende å flyte helt til dagen etter. Bildet et tatt få sekunder før det sank.



## «Musk overvar oppskytingen av IFT-6 sammen med sin nye kompis Donald Trump, to uker etter at sistnevnte hadde vunnet presidentvalget.»

### Ikke Mechazilla-fanging

En ting man altså ikke fikk til å gjenta var den spektakulære fangingen av Super Heavy med Mechazilla-armene. Fire minutter etter start kom beskjeden om at man i stedet ville styre Super Heavy ned til en myklanding i havet. Super Heavy befant seg da fortsatt 97 km oppe, nær det høyeste punktet i banen den fulgte.

Frem til da hadde alt tilsynelatende gått som planlagt. Både oppskytingen med avfiringen av alle de 33 Raptor-motorene, hot stage-fracoblingen mellom Super Heavy og andretrinnet Starship, Super Heavys helomvending og avfiring av 13 av motorene for å returnere til oppskytingsområdet, og fracoblingen av hot stage-ringen fra Super Heavy.

Super Heavy myklandet vertikalt og tilsynelatende kontrollert i sjøen. Påfallende nok ble SpaceX' direktebilder av landingen

kuttet rett før det 71 meter høye trinnet tippet over. Andre kilder viste nettopp dette, og at Super Heavy øyeblikket etter ble rammet av en diger eksplosjon. Man kan gjette at SpaceX ante hva som var i gjære, og ikke ønsket å bidra til at akkurat de bildene skulle spres på alle nyhetskanaler. Trinnet ble likevel liggende å duppe i vannskorpen til neste dag, mens minst én båt og ett helikopter virret rundt i området. Sannsynligvis var disse fra SpaceX, som selv advarte uvedkommende båter om å nærme seg området.

Grunnen til at Mechazilla-fangingen ble avlyst skyldtes visstnok ikke problemer med Super Heavy, men at det etter oppskytingen ble avdekket at noe ved oppskytingstårnet ikke fungerte helt som det skulle. Flammene fra Super Heavys 33 Raptor-motorer utsetter tårnet for store belastninger under oppskytingen.

Testing av armene starter straks Starship har forlatt rampen, og de strenge kriteriene som en fanging krever ble denne gangen åpenbart ikke oppfylt.

Etter IFT-5 kom det frem at SpaceX bare var ett sekund fra å kansellere fangingsforsøket på også den ferden.

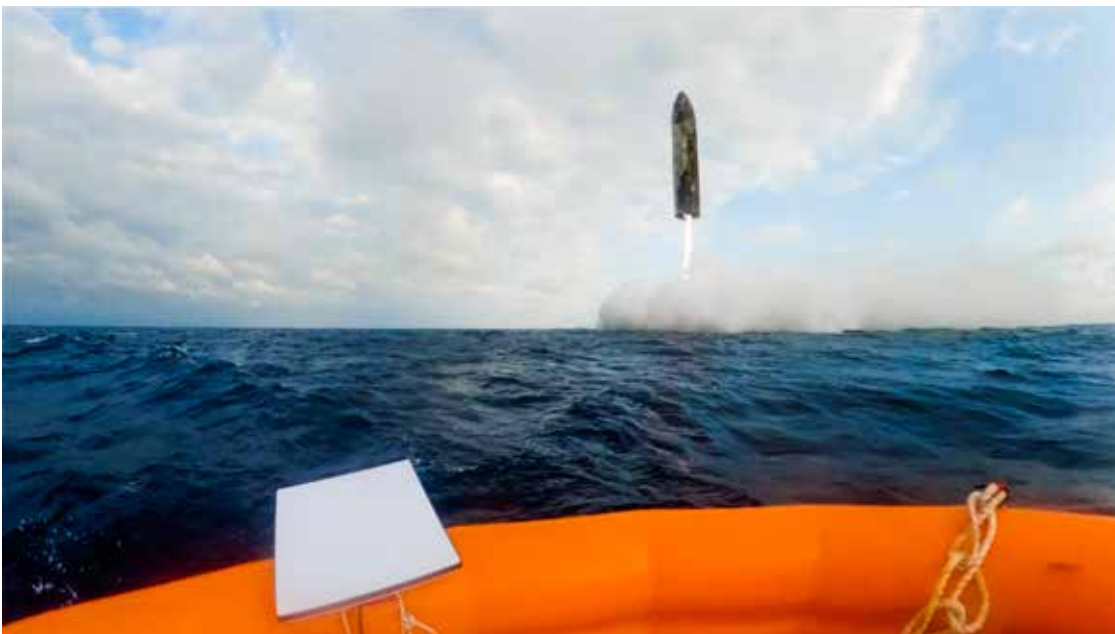
### Raptor-restart

Et viktig tillegg på IFT-6 var at man gjorde et nytt forsøk på å restarte en av Raptor-rakettmotorene mens Starship befant seg i sin sub-orbitale bane i rommet. Forrige gang man forsøkte det var på IFT-3, men det ble avlyst fordi romfartøyets stillingskontroll hadde sviktet. På IFT-4 og -5 ble det ikke gjort noe restartforsøk i rommet.

På IFT-6, lyktes man, og en av de seks motorene ble avfyrt et kort øyeblikk, omtrent ved T+38 minutter. Drivstoffet ble



← **SVIDD:** Noe av varmeskjoldet var fjernet fra sidene av Ship 31 for å teste hvordan strukturen klarte brasene på vei ned gjennom atmosfæren. Partier av stålskroget er tilsynelatende blitt bulket opp av varmen.



← **PREISISJON:** Ship 31 kom ned i Det indiske hav, nærmere 1000 km vest for Australia. Bildet er tatt fra en flytebøye som var plassert rett ved det forhåndsbestemte landingsstedet. Bildene ble overført via den rektangulære Starlink-antennen.

tilført motoren fra de mindre såkalte header-tankene i Starship. Disse tankene brukes også ved den såkalte belly flop manøveren rett før landing, siden drivstoffet ikke flyter ukontrollert rundt i samme grad her som i de da nesten tomme hovedtankene.

Å kunne restarte Raptor-motorene i vektløshet i rommet er helt avgjørende for Starship-programmet. Det må gjøres når man skal bringe Starship fra kretsløp tilbake til Jorden, når man skal foreta kurskorreksjoner i rommet, gå inn i bane rundt Månen, lande på Månen osv.

### Slanket varmeskjold

Starship var også modifisert, blant annet ved at noe av varmeskjoldet langs sidene

var fjernet. Varmeskjoldet dekker i all hovedsak den ene halvparten av Starship, og SpaceX ønsker å se hvor mye smalere, og dermed lettere, det kan gjøres uten å gå på bekostning av sikkerheten under tilbakevingingen gjennom atmosfæren.

Varmeskjoldet var strippet for 2100 av de i utgangspunktet 18 000 sekskantede flisene. Litt pussig kanskje, var det at man brukte en tidligere generasjon av varmeskjoldet enn på IFT-5. På den annen side testet man flere varmebeskyttende materialer, plassert her og der på Starship.

### Landing i dagslys

Ytterligere en endring var at oppskytingen fant sted kl. 16:00 om ettermiddagen

lokal Texas-tid i stedet for tidlig på morgenen. Starship foretok således det aller meste av det halve omløpet over Jordens nattside. Til gjengjeld skjedde landingen rett etter soloppgang lokal tid, igjen i Det indiske hav vest for Australia.

Det ga naturlig nok langt bedre bilder av tilbakevingingen og landingen enn tidligere, som også var poenget. Foruten flere kameraer på selve Starship, ble landingen i havet filmet fra minst to fjernstyrte kameraer i området. Ett plassert på en bøye veldig tett på, et annet lot til å befinne seg på en flyvende drone noe lenger unna.

IFT-6 var den siste testferden av første generasjon Starship. Fra IFT-7 vil man benytte en forbedret og litt forlenget versjon. ●

# Artemis: Hvorfor så vanskelig?

Ragnar Thorbjørnsen

**A**rtemis-programmet er veldig forsinket, sett i forhold til de opprinnelige planene. Det skyldes først og fremst tekniske utfordringer. Når man støter på utfordringer, medfører det også økte kostnader. Fram til 2025 har programmet kostet 93 milliarder dollar, betydelig mye mer enn hva man opprinnelig så for seg at det skulle koste. Noen tenkte nok at man skulle spare penger ved å gjenbruke teknologi fra romfergeprogrammet. Imidlertid har denne gjenbruken tilsynelatende i stedet ført til økte kostnader.

Nå er det ikke sikkert at de politikerne som stemte for å satse på SLS og Orion, er veldig bekymret for pengebruken. Formålet, sett med politikernes øyne, var å opprettholde støtte til industrien som hadde romfergeprogrammet som sitt levebrød. De store leverandørene har mange underleverandører, spredt ut over hele USA. Politikere fra de fleste statene hadde (og har) en form for egeninteresse i å sørge for at bevilgningene til

**«Ved årsskiftet 2025/2026 vil vi nok ha en mye bedre innsikt i hva som er status for Artemis-programmet.»**

denne industrien ble og blir opprettholdt – også etter at romfergeprogrammet var avsluttet.

Noen spør seg hvordan det er mulig at Artemis-programmet synes å være mer komplisert enn Apollo-programmet var. Det kan gis flere forklaringer på dette. Apollo-programmet var også komplisert, men NASA hadde den gangen mye mer penger til sin disposisjon. I dagens pengeverdi kostet Apollo-programmet rundt regnet 290 milliarder dollar. I det politiske klimaet som hersket på 1960-tallet, var det også enklere å få gjennomført det man mente var nødvendig for å nå målet om å landsette et menneske på Månen innen tiårets



↑ **SKADD:** Bildene viser skader på varmeskjoldet til Orion etter Artemis 1.



↑ **KLAR:** Christina Koch er medlem av den primære besetningen på Artemis 2. Bildet er tatt under sommerens studieopphold på Island.

utløp. Selv den alvorlige ulykken den 27. januar 1967, da tre astronauter mistet livet under en bakke-test på Kennedy Space Center (Apollo 1), fikk minimal betydning for programmets fremdrift. Allerede året etter, den 11. oktober 1968, ble Apollo 7 skutt opp med tre astronauter om bord. En tilsvarende ulykke i dag ville muligens bety at Artemis-programmet ble avvirket i sin nåværende form. Derfor velger NASA å bruke tid, for å være så sikre som overhodet mulig, på at ingen liv skal gå tapt i Artemis-programmet. Her kan føyes til at NASA (og USA) ikke anser at man befinner seg i et kappløp, slik tilfellet var på 1960-tallet. Dette kan imidlertid endre seg, hvis det viser seg at Kina virkelig ligger an til å landsette taikonauter på Månen før 2030. Men det gjenstår å se.

En annen usikkerhet, som man ikke hadde i Apollo-programmet, er bruken av kommersielle tilbydere og tilbydere finansiert av andre land. Den europeiske romorganisasjonen (ESA) er en viktig leverandør til Artemis-programmet. Andre viktige land er Canada, Japan og De forente arabiske emirater. I teorien kan Artemis-programmet gjennomføres uten månelandinger, noe som kan bli aktuelt hvis både SpaceX og Blue Origin mislykkes med sin utvikling av månelandingsfartøy. Ingen av disse to har hatt den planlagte fremdriften gjennom 2024. Nå blir det ekstra spennende å se hva de får til i løpet av 2025. Ved årsskiftet 2025/2026 vil vi nok ha en mye bedre innsikt i hva som er status for Artemis-programmet. Da har vi forhåpentlig også fått oppleve gjennomføringen av Artemis 2.

Besetningen på Artemis 2 ble annonsert den 3. april 2023. De har med andre ord allerede hatt veldig god tid til å forberede seg. Kanskje sliter NASA litt med å sysselsette dem med meningsfulle arbeidsoppgaver. Når tiden går og ventetiden øker, er det selvfølgelig også fare for at et besetningsmedlem av en eller annen grunn blir ute av



↑ **AMERIKANSK RESERVE:** Under Apollo-programmet var det vanlig å utnevne både primær-besetning og reserve-besetning, hver bestående av tre astronauter. Til Artemis 2 har NASA valgt å utnevne kun én reserve-astronaut; Andre Douglas. Han vil eventuelt erstatte en av de tre NASA-astronautene i besetningen.

stand til å delta. NASA har derfor plukket ut en reserve, som kan erstatte en av de tre amerikanerne i besetningen. Canada har fra før plukket ut en reserve for sin representant. I sommer ble alle sendt til Island for å studere geologien i områder som ligner på Månens geologi. Med tanke på at de fire astronautene kun skal passere én gang bak Månen, skulle en tro det er begrenset hva de kan få ut av sine observasjoner. Men geologikunnskapene kan kanskje komme til nytte ved en senere anledning. Vi må anta at Artemis-programmet skal fortsette gjennom 2030-tallet, planene for dette er ikke lagt ennå, men det snakkes mye om en månebase, om ikke veldig avansert, så i hvert fall noe man kaller «base camp». I Kina drømmer man allerede om en ordentlig månebase innen 2035.

Noen av de viktigste komponentene i Artemis-programmet:

- Bæreraketten (kjernetrinnet)
- Faststoffraketter
- Øvre trinn (EUS)
- Seksjoner til Gateway (romstasjonen)
- Månelandere
- Romdrakter
- Oppskytingsplattform
- Orion (romskipet)



«NASA har valgt to kommersielle leverandører av månelandere; SpaceX og Blue Origin. Begge må antas å ligge litt etter de opprinnelige planene for når månelanderne skulle leveres.»

### Bæreraketten

Når vi snakker om bæreraketten, mener vi egentlig hele SLS (Space Launch System), som består av kjernetrinn, to faststoffraketter og et øvre trinn. Under oppskytingen av Artemis 1 fungerte bæreraketten slik den skulle. Problemene i Artemis-programmet er dermed i liten grad knyttet til bæreraketten, når vi ser bort ifra at det er veldig kostbart å skyte den opp. På sikt, fra og med Artemis 4, er det EUS (Exploration Upper Stage) som skal benyttes som øvre trinn. Under Artemis 1 brukte man et trinn med betegnelsen ICPS (Interim Cryogenic Propulsion Stage). Artemis 2 og 3 skal også skytes opp med ICPS som øvre trinn.

### EUS

EUS (Exploration Upper Stage) utvikles av Boeing, bare det får noen til å heve øyenbrynene. Ved siden av alt det andre som har gått galt for Boeing i den senere tid, får de også kritikk fra OIG (NASAs Office of Inspector General), som går ut på at kvalitetskontrollen er for dårlig. Det advares også om at NASA ikke har tatt høyde for kostnader som vil strekke seg fram til og med 2027. Første ferd for EUS er som nevnt Artemis 4, som etter dagens planer skal finne sted høsten 2028. Manglende bevilgninger vil kunne føre til ytterligere forsinkelser for Artemis 4, ifølge OIG. Etter sommerens problemer med Starliner, virker det som om man i Boeing nå har tenkt å gjøre endringer i hvordan disse prosjektene drives. Således ble det i slutten av september meldt at sjefen for Boeing Defense, Space & Security blir skiftet ut. Toppsjefen i Boeing, Kelly Ortberg, er også ny i jobben, han tiltrådte i august. I slutten av september ble det også meldt at EUS har bestått det som kalles CDR (Critical Design Review), noe som må karakteriseres som en god nyhet. Dette innebærer at et ekspertpanel har konkludert med at EUS vil fungere slik NASA har forutsatt. Antagelig kan vi likevel ikke anta at CDR sier noe om når EUS vil være klar til bruk.



↑ **KANADISK RESERVE:** Canada har også utnevnt en reserveastronaut for sin deltager på Artemis 2: Jenni Gibbons. Hennes fulle navn er for øvrig Jennifer Anne MacKinnon Sidey-Gibbons.

### Seksjoner til Gateway

Det har foreløpig ikke vært rapportert om større problemer knyttet til utvikling av seksjoner til romstasjonen Gateway. Leverandørene, som befinner seg i USA, Canada, Europa, Japan og De forente arabiske emirater, har foreløpig god tid på seg, siden det første elementet først må være på plass når Artemis 4 skytes opp.

### Månelandere

NASA har valgt to kommersielle leverandører av månelandere; SpaceX og Blue Origin. Begge må antas å ligge litt etter de opprinnelige planene for når månelanderne skulle leveres. SpaceX er avhengig av å få konseptet Super Heavy/Starship til å fungere, hvilket neppe kan sies å være helt enkelt. Blue Origin utvikler også sin egen bærerakett – New Glenn. Også New Glenn er forsinket i forhold til de opprinnelige planene. For Blue Origin er dette foreløpig ikke et stort problem, i og med at NASA har utsatt oppskytingen av Artemis 5 til 2030. Det er først da NASA vil benytte seg av månelanderen til Blue Origin – Blue Moon.

NASA sier fremdeles at Artemis 3 skal skytes opp i september 2026, og det kan fort vise seg å bli et problem for SpaceX. Lite tyder i dag på at de vil ha sin månelanderversjon av Starship klar om mindre enn to år. Her må også nevnes at NASA krever at månelanderen gjennomfører en ubemannet landing på Månen før den kan brukes til en bemannet landing. Da SpaceX den 13. oktober gjennomførte IFT-5, den femte testoppskytingen av Super Heavy/Starship, var mediene raskt ute med å slå



↑ **HEISTEST:** Hvis alt går som NASA og SpaceX håper på, skal de nye romdraktene fra Axiom Space brukes når astronauter fra Artemis 3 skal ut på måneoverflaten. Her tester man romdraktene i en heis tilsvarende den som skal frakte astronautene fra kabinen på Starship og ned til overflaten. Det er selvfølgelig essensielt at astronautene kan håndtere heisen med romdraktene på, hvis det er problemer med å operere heisen, hjelper det lite om alt annet fungerer. Kabinen på Starship befinner seg nær toppen, ca 50 meter over bakken. Astronautene er med andre ord helt avhengige av at heisen fungerer.

fast at SpaceX hadde gjennomført en vellykket test av sitt månefartøy, faktisk allerede før Starship hadde landet i Det indiske hav. Da hadde Super Heavy gjennomført en

↑ **SUIT UP:** Modell av ny romdrakt til bruk på Månen.

vellykket retur til oppskytingsplattformen. En times tid senere kunne man slå fast at Starship også gjennomførte en vellykket myk landing i havet. Dette var imponerende av SpaceX, spesielt med tanke på at returen til oppskytingsplattformen for Super Heavy var vellykket på første forsøk. Likevel er det mye som gjenstår før man kan si at Starship er klar for månelandinger. Det er Starship som etter hvert skal utgjøre månefartøyet til SpaceX, det blir nok litt feil å betegne Super Heavy som et *månefartøy*.

Både Super Heavy og Starship vil være viktig med tanke på en fremtidig månelanding, men mye står igjen før SpaceX kan begynne å teste de operasjonene som kreves når Starship skal lande på Månen. I løpet av 2025 må det demonstreres at Starship kan returnere til oppskytingsplattformen etter å ha vært i bane rundt Jorden og at man kan overføre drivstoff til et drivstoffdepot i jordbane. Vi må håpe at SpaceX vil klare å gjennomføre mange tester i løpet av 2025, det vil nok være behov for betydelig flere enn de fire som er gjennomført i 2024. Bare noen dager etter IFT-5 uttalte Elon Musk at man allerede tidlig i 2025 også vil «fange» Starship på samme måte som man nå klarte å «fange» Super Heavy. Dog må man også kunne demonstrere at Starship kan lande på bakken, slik det må skje på Månen. Etter IFT-6 sa →



↑ **KJØRETUR:** Selv om det ikke er avgjort hvordan kjøretøyene som astronautene skal bruke på Månen vil bli seende ut, er man i NASA godt i gang med å teste forskjellige forslag. Det er ikke kjøretøyet som er det mest interessante på dette bildet, men heller det faktum at mannen i passasjeretset er den siste som satte sin fot på Månens overflate. Han heter Harrison Schmitt, og var pilot på månelandingsfartøyet under ferden med Apollo 17. Dog må det understrekes at kommandøren, Eugene Cernan, var den siste som forlot måneoverflaten. Eugene Cernan døde i 2017. Harrison Schmitt er nå 89 år gammel. Det er uvisst om han var invitert med på kjøreturen for annet enn PR-formål.

Elon Musk at også IFT-7 vil innebære landing i havet for Starship. Vi må anta at SpaceX sikter mot at både Super Heavy og Starship skal returnere til oppskytingsbasen fra og med IFT-8.

### Romdrakter

Alle forstår at man i Artemis-programmet ikke kan bruke samme type romdrakt som den man utviklet i Apollo-programmet. Landinger i Månens sydpol-område tilsier at romdraktene må tåle store temperatursvingninger, fordi astronautene ofte vil befinne seg i områder der sollyset ikke når fram. Det er også ønskelig at romdraktene tillater mer bevegelsesfrihet. De som fulgte med da Apollo-astronautene beveget seg på måneoverflaten, husker at de valgte å hoppe bortover mer enn å gå. At de nye romdraktene også må utvikles for kvinner, krever ytterligere modifikasjoner. NASA igangsatte for flere år siden et prosjekt for utvikling av nye romdrakter, men fant relativt raskt ut at det var mange utfordringer og at kostnadene dermed

føk i været. Løsningen ble å sette bort hele jobben til kommersielle aktører. Axiom Space fikk i september 2022 kontrakt på å levere romdrakter som skal brukes på den første månelandingen (Artemis 3). Kontrakten lyder på 228,5 millioner dollar. Axiom Space viste fram romdrakten i midten av oktober, og sa samtidig at den ville være klar til Artemis 3 høsten 2026.

### Oppskytingsplattform

Ved overgang til bruken av EUS som øvre trinn, må man modifisere den mobile oppskytingsplattformen (ML – Mobile Launcher). NASA valgte å få bygd en ny framfor å modifisere den som brukes ved oppskyting av Artemis 1 til 3 (ML1). Det ble antatt at dette ville koste ca. 500 millioner dollar. Kontrakten gikk til Bechtel. Ifølge OIG ser det nå ut til at ML2 vil komme til å koste opp mot 2,7 milliarder dollar. OIG sier også at det er fare for at ML2 ikke vil bli klar til bruk før våren 2029. De ansvarlige for Artemis-programmet er imidlertid ikke enige med OIG. Det vises til at man fikk klarsignal fra de

## «Når simuleringene ikke stemmer med virkeligheten, da må man anta at man har et problem, og problemer må man finne ut av.»

bevilgende myndigheter (Kongressen i USA) i desember 2023 til å betale Bechtel 1,8 milliarder dollar, og at Bechtel har lovet å levere ML2 i september 2027. NASA mener også at Bechtel dermed må nøye seg med dette beløpet. I rapporten fra OIG pekes det på at andre kostnader vil komme i tillegg, men i NASA er man tilsynelatende ikke så bekymret for det.

Etter oppskytingen av Artemis 1 fant man relativt store skader på MLI, noe som måtte utbedres før oppskytingen av Artemis 2 kan finne sted. Det må selvfølgelig også utbedres på en slik måte at ikke de samme skadene oppstår når Artemis 2 skytes opp. Et annet kontrollorgan (GAO – General Accounting Office), som kan sammenlignes med den norske riksrevisjonen, uttalte nylig (midten av oktober) at arbeidene med bakkesystemene, inkludert MLI, kan utgjøre en risiko for at Artemis 2 må utsettes. Arbeidene er ikke på etter-skudd, men skulle det dukke opp noe uforutsett, har man ingen margin å gå på. Omtrent samtidig uttalte NASA-sjefen at alt går etter planen med mål om oppskyting i september 2025.

### Orion

Etter Artemis 1 oppdaget man at varmeskjoldet ikke hadde oppført seg slik datamaskin-simuleringene postulerte at det skulle. Større biter hadde falt av under tilbakevingingen gjennom atmosfæren. Utviklingen av et nytt romfartøy er i dag i stor grad styrt av hva man finner ut gjennom simuleringer i datamaskiner. Og når simuleringene ikke stemmer med virkeligheten, da må man anta at man har et problem, og problemer må man finne ut av. Dette problemet ble oppgitt som årsaken til ett års utsettelse for Artemis 2 (fra 2024 til 2025). Igjen er det OIG som peker ut problemområder. I tillegg til problemene med varmeskjoldet var det også problemer med elektrisitetssystemet i romskipet, noe som blant annet kan føre til både sviktende kraftforsyning og sviktende lufttrykk i kabinen. NASA antar at problemer med elektrisitetssystemet skyldes stråling, og utarbeider prosedyrer for å omgå dette, mens OIG mener at man på sikt må implementere permanente endringer for å løse slike problemer.

I slutten av oktober opplyste NASA at årsaken til problemet med varmeskjoldet er funnet, imidlertid ønsket man ikke å offentliggjøre hva dette består i. Sannsynligvis pågår nå vurderinger av hvorvidt varmeskjoldet til Artemis 2, som allerede er ferdig produsert, må modifiseres. Og i så fall; hva slikt arbeid vil ha å si for når oppskyting av Artemis 2 kan finne sted. Det ble antydning at en beslutning vil bli tatt innen årets utløp.

### Oppsummering

Alt i alt synes det foreløpig som om forberedelsene til Artemis 2, med oppskyting i september 2025, går som planlagt. Det synes også som om Artemis 3, Artemis 4 og Artemis 5 er i rute, men her er det store usikkerheter involvert, ikke minst når det gjelder månelanderne. I og med at man opprinnelig hadde sett for seg én SLS-oppskyting i året fra og med 2022 (Artemis 1 ble skutt opp den 16. november 2022), viser dagens planer, med oppskytinger i henholdsvis 2025, 2026, 2028 og 2030, at det er mer sannsynlig med SLS-oppskytinger annet hvert år. Og med tanke på stor tvil knyttet til om Starship er klar for en månelanding i 2026, er det mer sannsynlig med oppskytinger i 2025, 2027 og 2029; med et lite håp om at oppskytingene fra og med 2027 kommer i mars istedenfor september. Da kan vi også håpe at Artemis 5, som allerede nevnt står oppført med mars 2030, kan komme ett år etter Artemis 4, og at etterfølgende ferder kommer med ett års mellomrom.

Til slutt er det fristende igjen å peke på usikkerheten knyttet til konseptet til SpaceX. Hvis det viser seg at månelanderversjonen av Starship ikke blir klar innen 2027, er det godt mulig at NASA vil tenke helt nytt, og satse alt på månelandere til Blue Origin. Konseptet til Blue Origin ligner mye mer på det referanse-konseptet NASA opererte med før de bestemte hvem som skulle få kontrakt på utvikling av månelandere til Artemis-programmet. Derfor er det lett å tenke at Blue Origin har større sjanse til å lykkes med dette enn SpaceX. Men med tanke på hva SpaceX allerede har fått til på andre områder, er det selvfølgelig for tidlig å avskrive dem. Det som skjer gjennom 2025 vil gi en god pekepinn på hvordan både SpaceX og Blue Origin ligger an med sine konsepter.

Med tanke på det vi har hørt om Elon Musks rolle i administrasjonen til Donald Trump, som overtar som president den 20. januar neste år, kan det spekuleres i hvorvidt dette også vil ha konsekvenser for NASA. Noen synes å tro at SpaceX vil overta NASA, men det er neppe et realistisk scenario. Likevel blir det spennende å se om det vil komme nye signaler fra Det hvite hus om veien videre for NASAs virksomhet. I første omgang vil nok spenningen dreie seg rundt spørsmålet om hvem Donald Trump vil utnevne som ny sjef for NASA. Han er allerede i full gang med å utnevne regjeringsmedlemmer, men foreløpig har han ikke sagt noe om NASA. Den 19. november var han i Texas sammen med Elon Musk for å se på oppskytingen av IFT-6, men anledningen ble ikke benyttet til å komme med uttalelser om romfart gjennom de neste fire årene. Vi får inntil videre anta at Artemis-programmet fortsetter uten inngripen fra den nye presidenten. ●

**HAVEN 2:** Illustrasjon av romstasjonen Haven 2 som er sammensatt av flere enheter av enheten Haven 1 fra Vast Space.

# NASA planlegger erstatning for ISS

Jan Petter Løberg

**N**este år, 2025, vil være kritisk for fremtidsplanene til NASA, som primært går ut på å forlenge menneskelig aktivitet i lav jordbane. For første gang på flere tiår kan imidlertid organisasjonen ende opp med at den ikke har astronauter tilstedeværende i bane rundt Jorden.

I løpet av de neste månedene vil NASA slutføre sin strategi for kontinuerlig virksomhet i rommet etter 2030. Deretter, mot slutten av neste år, vil organisasjonen tildele kontrakter til en eller flere private industriselskaper som skal utvikle små romstasjoner. Intensjonen er at NASA og andre romfartsselskaper skal bli leietagere for å utføre sine prosjekter.

Imidlertid er denne strategien usikker. Når NASA ser frem til en overgang fra forskning under langvarige opphold på Den internasjonale romstasjonen til en helt ny virkelighet, dukker det opp mange spørsmål. Et vesentlig poeng er om NASA virkelig trenger å ha virksomhet i lav jordbane i det hele tatt, i og med at organisasjonen nå har mesteparten av sitt fokus på Månen og Artemis-

programmet. Innenfor ledelsen i NASA er det på nåværende tidspunkt liten tvil om hva utfallet blir. Hvis aktivitetene på ISS opphører i 2030, er det usikkert når man kan etablere baser på Månen hvor forskningen kan fortsette. I de seneste årene har NASA nesten kontinuerlig hatt opptil fire astronauter på romstasjonen, og intensivert forskningen, spesielt på hvordan langvarig opphold i vektløs tilstand influerer på menneskelig helse. På dette området er den generelle oppfatning at man kun har begynt å få resultater fra astronauter som har oppholdt seg i vektløs tilstand i ett år. Hvordan et opphold på to til tre år, eksempelvis en reise til Mars, vil ha konsekvenser på astronautenes helse, har man ingen konkret forskning på ennå.

Et annet aspekt er utviklingen av astronautenes Life Support system. På romstasjonen har man effektivt klart å gjenvinne vann fra urin, oksygen fra karbondioksyd og filtrere partikler og mikroorganismer opptil 97 %. Ifølge forskere er det nødvendig at denne prosenten heves til 100 før det blir aktuelt med en reise til Mars.

I august inneværende år publiserte NASA et utkast av sin «Microgravity Strategy», som formelt skal fastslå hvilke mål som ligger til grunn for forskning og teknolo-



↑ **HAVEN 1:** Illustrasjon av romstasjonen Haven 1 fra Vast Space.

gisk utvikling som skal skje i 2030-årene og videre fremover. For å lykkes skal det i tillegg utredes hva som skal til for å nå disse målene. Konklusjonen vil vise hvilke krav NASA vil stille til de nye romstasjonene. Mot slutten av neste år skal strategien formelt publiseres.

### Hvem kan bygge en kommersiell romstasjon?

For tre år siden utdelte NASA kontrakter til tre selskaper; Blue Origin, Nanoracks og Northrop Grumman. Verdien av kontraktene lå på mellom 125 og 160 millioner dollar for å begynne forberedende arbeid med kommersielle romstasjoner. Et fjerde selskap, Axiom Space, mottok 140 millioner dollar et år tidligere. Men veien har ikke vært enkel etter at de mottok NASAs CLD-program. Forkortelsen står for Commercial LEO Destinations. (LEO står for *Low Earth Orbit* – «lav jordbane».)

Enkelte budgivere har allerede møtt på problemer. Axiom Space sliter med finansiering, og har flere ganger utsatt fristen for testoppskytninger. Northrop Grumman har hoppet av, med begrunnelse om at selskapet ikke så muligheten for å kunne gjennomføre prosjektet. Senere har selskapet slått seg sammen med Voyager Space som har kjøpt Nanoracks.

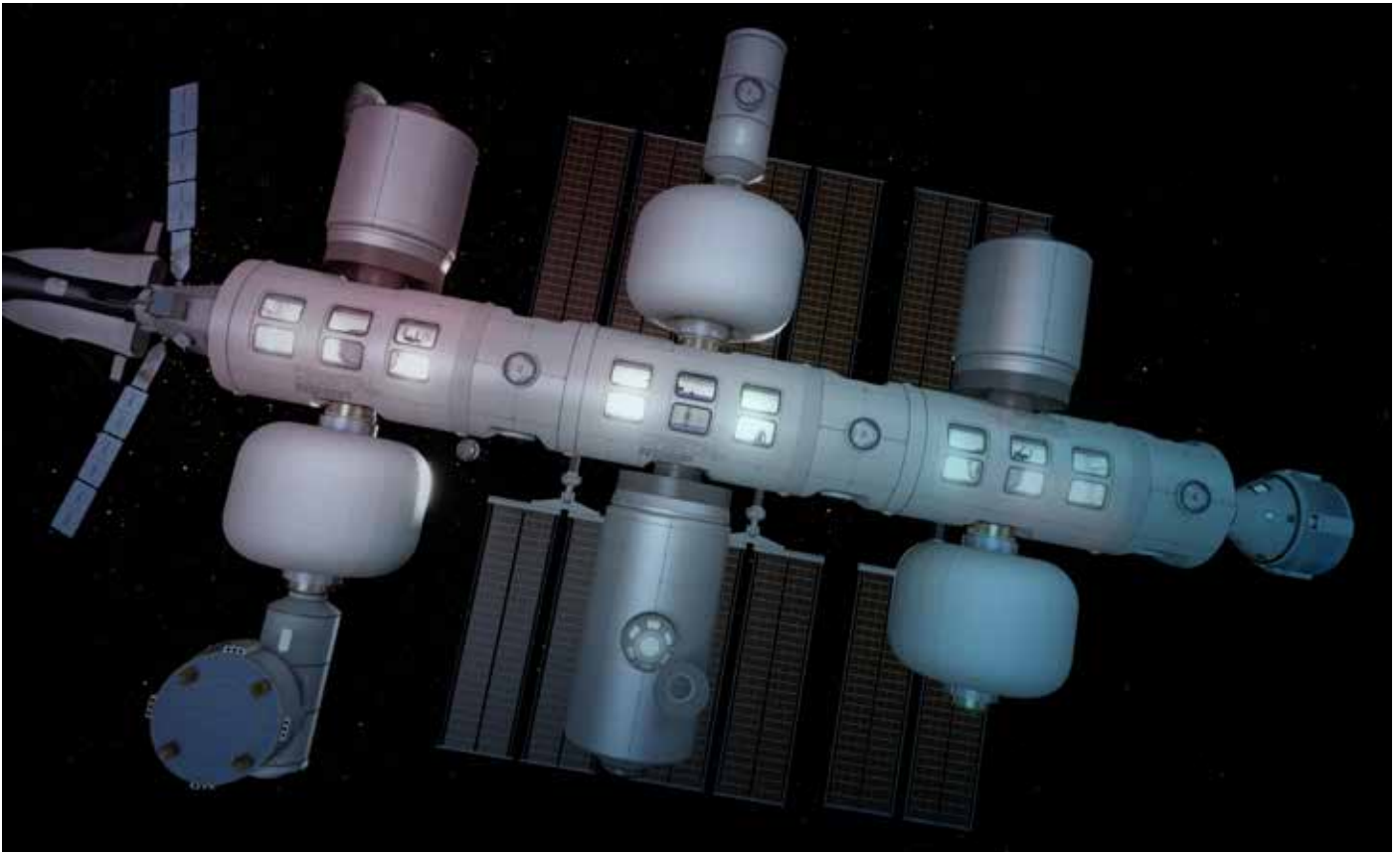
Mye vil avhenge av hvordan NASA vil legge frem sine krav for den neste fasen i CLD-programmet, som er ventet å bli fremlagt neste år. De kommersielle selskapene ser frem til hvor mye NASA kan tilby av finansiering, og spesielt hvilke krav organisasjonen vil stille. Det er også sannsynlig at nye selskaper vil melde seg på i konkurransen. Spesielt er det snakk om Vast Space og SpaceX. I utgangspunktet vil NASA utdele to kontrakter for å skape konkurranse, men dette er foreløpig usikkert.

**«For første gang på flere tiår kan NASA ende opp med at organisasjonen ikke har astronauter tilstedeværende i bane rundt Jorden.»**

NASA står overfor et mulig problem; at ingen av de aktuelle selskapene kan gi garantier om at de klarer oppgaven, eller om de til syvende og sist er interessert. Axiom Space har lenge vært betraktet som en favoritt, men er som nevnt avhengig av at de kan finansiere prosjektet. Blue Origin virker ikke å være altfor entusiastisk for oppgaven, og venter ifølge ryktene for å se hvor mye penger som ligger i potten fra NASA. Voyager Space har gode samarbeidspartnere, men det er usikkert hvor mye kompetanse selskapet har. Vast Space virker interessant, men det er tvilsomt om de kan imøtekomme kravene fra NASA. SpaceX er definitivt en utfordrer, men det er usikkert om de er interessert i å prioritere et så stort prosjekt, i og med at de bruker det meste av sine ressurser på Starship-prosjektet.

Det er kort tid til 2030, og NASA innrømmer at det sannsynligvis ikke vil være nye romstasjoner fullt operative tilgjengelig når Den internasjonale romstasjonen opphører sin virksomhet.

Siden 2019 har CLD-prosjektet blitt støttet finansielt av Kongressen. I de første tre årene var støtten langt under de beløpene som NASA forespurte. Imidlertid har det sunket inn hos politikerne at Den internasjonale romstasjonen etter all sannsynlighet vil opphøre å eksistere i 2030, og Kongressen har blitt mer villig →



↑ **ORBITAL REEF:** Illustrasjon av romstasjonen Orbital Reef fra Blue Origin.

til å finansiere prosjektet.

Et faktum er at det gjenstår å se om NASA føler seg forpliktet til å delta i CLD-prosjektet. Organisasjonen har gjentatte ganger uttrykt at de ønsker å opprettholde en representasjon i jordbane, men har til gode å forklare hvorfor den mener det er nødvendig. Politisk spiller det naturligvis en stor rolle. Hvis USA gjør alvor av å skrote Den internasjonale romstasjonen i 2030, vil Kina være alene om å ha en operativ romstasjon i bane rundt Jorden. Naturlig nok er både politikere og romfartseksperter skeptiske til denne situasjonen.

Mange mener at NASA ser på CLD-prosjektet mer som et eksperiment fremfor å forplikte seg fullt ut til strategien. Kommersielle romstasjoner vil høyst sannsynlig kreve milliarder av dollar i finansiering, og en forpliktelse fra NASA betyr i praksis at organisasjonen vil bli den viktigste kunden i flere år fremover. Så langt har organisasjonen ikke nevnt CLD i sine budsjettforslag for kommende år.

### Er det viktig med en romstasjon?

Uttalelser fra ledelsen i NASA og representanter for den kommersielle romfartsindustrien tilsier en enighet om at det vil være ren lykke om en kommersiell romstasjon vil være tilgjengelig når et ubemannet SpaceX Dragon-basert

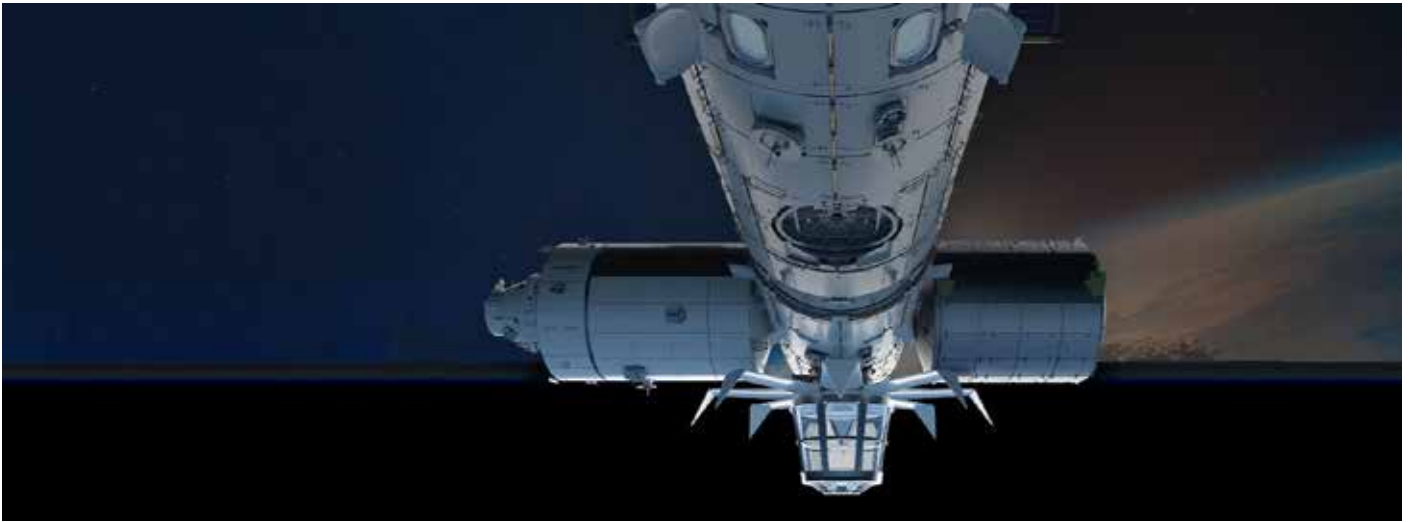
**«NASA ønsker å bli en av mange kunder og ikke den viktigste bidragsyteren.»**

fartøy styrer Den internasjonale romstasjonen (ISS) til sin endelige skjebne i Stillehavet ved slutten av 2030.

Noen har foreslått at NASA utsetter skrotingen av ISS, og forlenger driften av romstasjonen. Imidlertid er det noen faktorer som taler imot dette forslaget. I første omgang blir forholdet til samarbeidspartneren Russland stadig forverret så lenge krigen mot Ukraina fortsetter. I tillegg begynner Den internasjonale romstasjonen å bli gammel. Deler av den vil være over tredve år gamle mot slutten av dette tiåret, og nødvendige reparasjoner vil bli stadig hyppigere. De årlige driftskostnadene beløper seg til ca. 3 milliarder dollar. Til sammenligning vil driften av en ny kommersiell romstasjon kunne koste ca 1 milliard dollar.

Kanskje det viktigste negative poenget med å opprettholde aktiviteten med ISS, vil være at kommersielle aktører vil måtte utsette sine egne planer om å bygge romstasjoner. Usikkerheten om levetiden til ISS vil gjøre finansiering av disse planene vanskelig å gjennomføre. Investorene vil ha garantier av NASA om organisasjonen virkelig vil benytte og bidra til driften av de private romstasjonene i fremtiden.

På grunn av alle de nevnte årsakene, er det høyst sannsynlig at NASA vil skrote Den internasjonale romstasjonen om seks år fra nå. Spørsmålet er hvor alvorlig det vil være for NASA å ikke ha en romstasjon tilgjengelig i noen måneder og kanskje noen år. Representanter for NASA er usikre på hva konsekvensene vil være. Hvis en kommersiell romstasjon er under bygging mot slutten av tiåret, vil man vurdere å utnytte Crew Dragon og Starliner til eksempelvis forskning inntil en permanent løs-



↑ **AXIOM STATION:** Illustrasjon av romstasjonen Axiom Station fra Axiom Space.



← **STARLAB VOYAGER:** Illustrasjon av romstasjonen Starlab Voyager fra Voyager Space.

ning er tilgjengelig. Imidlertid er denne løsningen langt fra det NASA ønsker.

### Vil nye romstasjoner bli benyttet?

Flere nye usikkerhetsfaktorer dukker opp i forbindelse med CLD-programmets langsiktige levedyktighet. Et viktig poeng er om det er interesse utover å gi opphold til astronauter fra NASA. En rapport som ble offentliggjort tilbake i 2017, konkluderer med at det ikke er sannsynlig. Problemet er at det er lite risikovillig kapital tilgjengelig. Investorer er ikke interessert i å finansiere en virksomhet som ikke kan garantere lønnsomhet. Inntekter og kostnader forbundet med drift av en kommersiell romstasjon er derfor på nåværende tidspunkt helt i det blå.

NASA ønsker å bli en av mange kunder og ikke den viktigste bidragsyteren. Spørsmålet er hvem de andre kundene vil være. Ganske sikkert vil andre land bidra med å sende representanter til private romstasjoner, om ikke annet – av prestisjehensyn. Noen romturister vil antagelig melde seg på. Ingen kan imidlertid være sikker på etterspørselen, og heller ikke hvor mye potensielle kunder er villige til å betale.

Det er også en økende bekymring om at automatisk

produksjon i en romstasjon innen kort tid vil overta for menneskelig aktivitet. Eksempelvis har selskapet Vada allerede demonstrert sin dyktighet til å utføre farmasøytisk forskning i vektløse omgivelser, etter å ha utført et oppdrag som varte i åtte måneder. Vada og andre arbeider for å utvikle automatiserte romfartøy som kan utføre forskning og produksjon i vektløse omgivelser langt rimeligere enn et menneske.

SpaceX har antagelig sin egen agenda. Som nevnt er det neppe aktuelt for selskapet på nåværende tidspunkt å gå 100 % inn for CLD-programmet. Imidlertid, når Starship begynner med regulære flyvninger, er det ikke vanskelig å se for seg potensialet for et stort antall kunder i 2030-årene og senere.

Til slutt, hvis NASA beslutter at de har behov for å benytte private romstasjoner, er organisasjonen nødt til å forplikte seg til å bidra økonomisk. Romstasjoner er kostbare å drive, og i tillegg kan det oppstå kostbare problemer. NASA er ikke interessert i en ny kopi av Den internasjonale romstasjonen, som tok mer enn et tiår å bygge, og kostet 100 milliarder dollar, men de krever et trygt og funksjonelt miljø. Det blir uansett ikke rimelig, og klokken tikker ubønnhørlig mot 2030. ●

# 4G-kommunikasjon i romdrakten

## Nokia og Axiom Space

Jan Petter Løberg



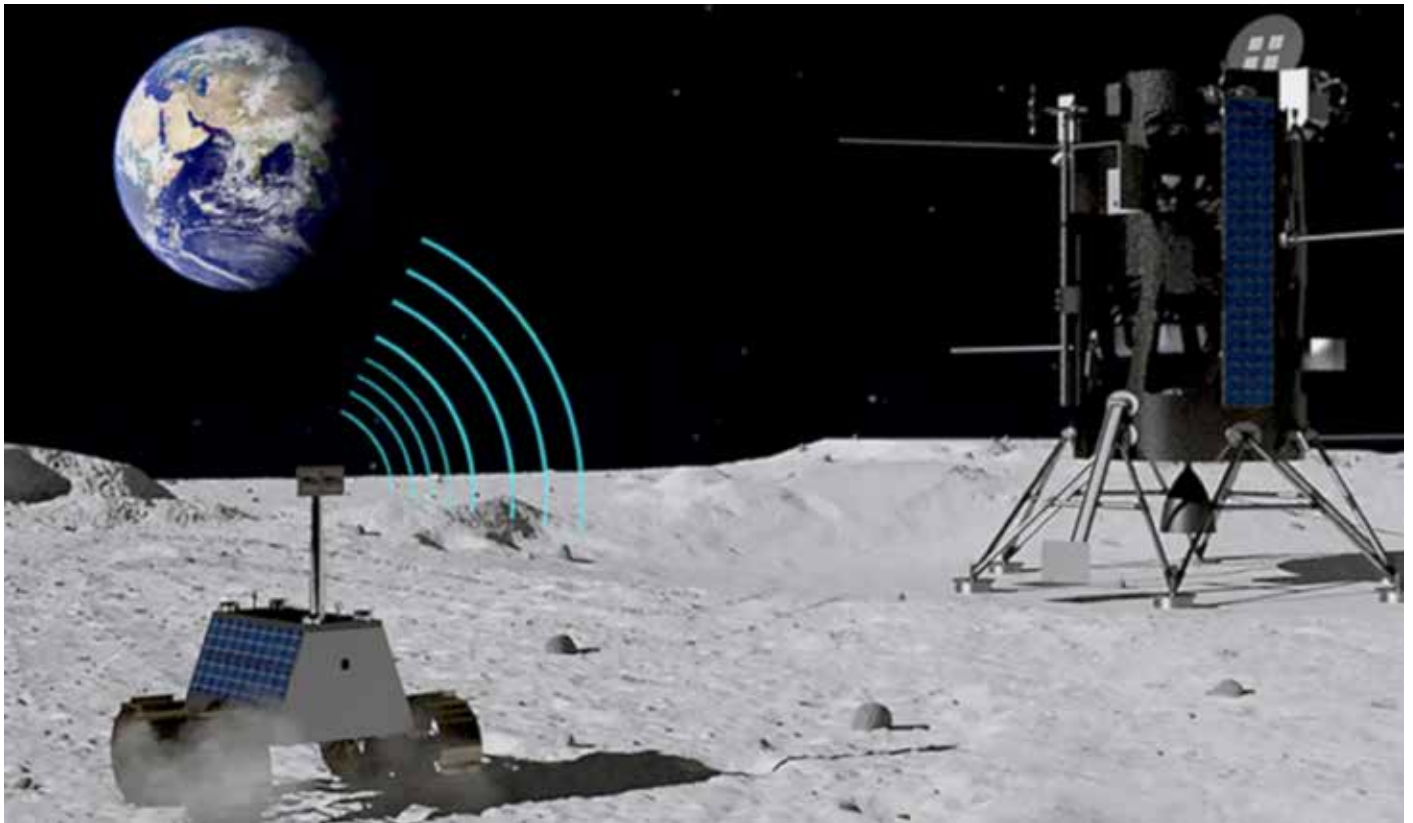
↑ **AVANSERT:** Nokia og Axiom Space bygger inn 4G-nettverk i romdrakten, med støtte for HD video, telemetri og tale – over flere kilometer på Månen.

**N**ASA valgte Axiom Space til å designe og utvikle nye romdrakter som skal tas i bruk i Artemis-programmet når dette innledes i 2025. Mer informasjon om nye romdrakter ble publisert i *Romfart* nr. 3/2023.

Den 21. august i år inngikk Axiom Space en avtale med Nokia med henblikk på å tilpasse tradisjonell trådløs teknologi til høyhastighetskommunikasjon i Artemis-romdraktene. De to selskapene skal utvikle en 4G/

LTE kommunikasjonsteknologi som kalles LSCS (Lunar Surface Communications System). Systemet skal tas i bruk av astronautene på Artemis 3, en ferd som etter planen skal finne sted sent i 2026.

Teknologien har utviklet seg enormt siden de første menneskene gikk på Månens overflate under Apollo-prosjektet. Når de første romfarerne på over 50 år skal kommunisere med hverandre, vil de dra fordel av noe



↑ **SAMMEKOBLET:** Enheter på Månens overflate, linket opp til landingsfartøyet.

som deres kolleger ikke hadde, nemlig et mobilt nettverk. Astronautene i Artemis 3 skal benytte romdrakter som er utstyrt med 4G-tilkobling, som er det samme 4G-nettverket som flesteparten av Jordens befolkning benytter i dag. Romdraktene har betegnelsen AxEMU og vil være i stand til å koble seg opp til et 4G-nettverk som er utviklet av Nokia. Nettverket kan eksempelvis benyttes til å sende høyoppløselig video.

Her nede på bakken består et mobilt nettverk av et nett av basestasjoner, tårn som rager i landskapet og utstyrt med antenner. I og med at det ikke er så enkelt å frakte et stort tårn til Månen, har Nokia komprimert all nødvendig teknologi inn i en boks som får plass i astronautenes landingsfartøy. Fra denne vil man kunne kommunisere med en astronaut som befinner seg i en avstand av inntil 2 kilometer.

Romdrakten AxEMU vil ikke ha et tastatur som vi kjenner igjen på våre smarttelefoner. Imidlertid vil de være i stand til å overføre bilder, video og store volumer med vitenskapelig informasjon og data tilbake til basestasjonen. Fra denne vil overføring skje videre tilbake til Jorden. Fra et kommunikasjonsperspektiv vil nøkkelkomponentene i en tradisjonell smarttelefon bli integrert i romdrakten og tilpasset til de ekstreme forholdene, og med spesielle operasjonelle krav som man opplever på Månen.

Tradisjonelt har astronauter benytter UHF (Ultra høy frekvens) radio for å kommunisere. Dette systemet har fungert svært bra, men 4G blir mer avansert, med høy-

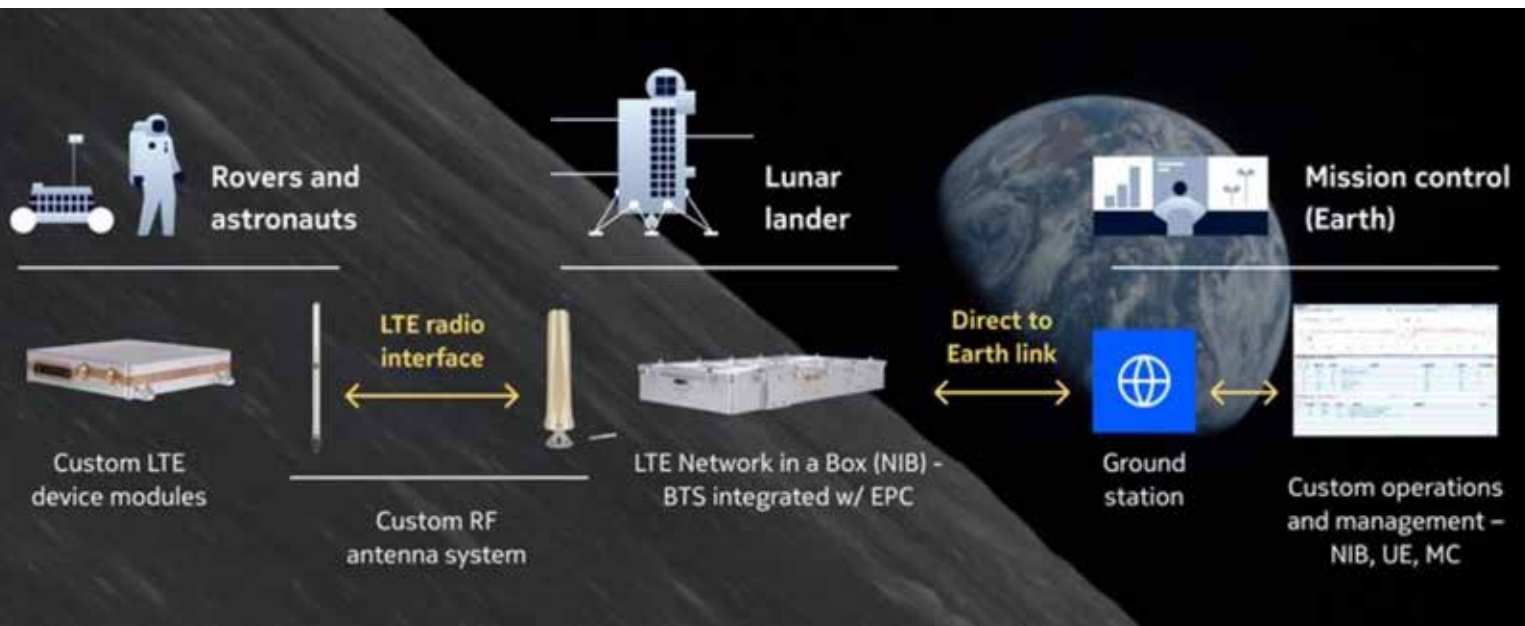
## «Teknologien har utviklet seg enormt siden de første menneskene gikk på Månens overflate under Apollo-prosjektet.»

ere båndvidde og definitivt raskere.

NASA bevilget ca 150 millioner kroner til Nokia i 2020 for å utvikle 4G-teknologien. Den første testen av LSCS-kommunikasjonssystemet skal etter planen skje mot slutten av inneværende år.

### Test på Månen

Den første testen skal skje når det private selskapet Intuitive Machines skal sende opp sitt ubemannede månelandingsfartøy med betegnelsen Nova C. For kommunikasjonstesten vil en av nyttelastene være en basestasjon som er integrert i månelanderen Nova-C. 4G-mottagere er installert på Lunar Outpost's Mobile Autonomous Prospecting Platform (MAPP), som er et lite kjøretøy, og i tillegg på Intuitive Machines' Micro-Nova. Sistnevnte er en selvstendig enhet som skal kunne foreta større hopp på overflaten fra en posisjon til en annen, alternativt fly som en drone og samle inn data. Sammen skal disse radiokomponentene danne et nettverk som vil tillate kjøretøyene og Nova-C å →



↑ **LANGVEISKOMMUNIKASJON:** Bildet viser enheter som er linket sammen på Månen – med kommunikasjon tilbake til Jorden.

kommunisere med hverandre. Nova-C har også en forbindelse direkte til Jorden. I tillegg til å motta data og bilder, vil bakkekontrollen kunne operere kjøretøyene over nettverket.

Intuitive Machine's andre måneferd forventes tidlig i 2025. Etter at deres første forsøk på å lande på Månens overflate bare ble delvis vellykket, har selskapet gjort noen mindre endringer i designet på Nova-C. Det første forsøket endte opp med at landingsfartøyet veltet på overflaten. Imidlertid ble det ikke påført skade på instrumenter eller kjernekomponenter.

Blant endringene som er gjort er en forbedring av romfartøyet's laserbaserte avstandsmåler, som er en del av navigasjonssystemet, og som registrerer høyde og i tillegg horisontal hastighet. Under ferden med den første landeren oppfattet bakkekontrollen sent i prosessen at den laserbaserte avstandsmåleren ikke fungerte. Grunnen var at teknikerne ikke hadde slått på en bryter på komponenten mens romfartøyet fremdeles var på bakken!

Tidspunkt for oppskyting av IM-2 er avhengig av at NASA klarer å bestemme seg for en aktuell landingsplass. Det eneste man vet er at den vil være ved Månens sydpol, på en høyde nær krateret Shackleton. Området er bestemt på bakgrunn av at data fra romfartøyet Lunar

**«Etablering av månebaser og langtrekkende ekspedisjoner på Månens overflate vil dra nytte av 4G-teknologien.»**

Reconnassance Orbiter indikerer at det finnes is under overflaten, og månelandere har derfor med seg instrumentpakker som bl.a. skal søke etter vannis.

Nokia ser for seg at 4G-kommunikasjon vil være den optimale formen for fremtidig kommunikasjon. Etablering av månebaser og langtrekkende ekspedisjoner på Månens overflate vil dra nytte av 4G-teknologien. Dette gjelder for astronautenes kjøretøy (Lunar Terrain Vehicle), som også vil ha 4G-kommunikasjon. I tillegg vil det bli montert 4G-mottagere i eksempelvis vitenskapelige enheter som plasseres på Månens overflate. Hvis man ser inn i fremtiden, vil et bemannet landingsfartøy kunne være et kommunikasjonsknutepunkt med direkte kontakt til grupper av mindre enheter, og linke dem direkte til Jorden.

I første omgang sikter Nokia og Axiom Space seg inn på Artemis 3. Fra i høst og inn i 2025 vil de nye romdraktene, med 4G innebygget, gjennomgå en rekke tester. Disse inkluderer opphold i vakuum i tillegg til tester i astronautenes testbasseng i Houston. Både romdrakt og elektronikk skal kunne tåle de ekstreme forholdene som de blir utsatt for på Månen. Det kan også nevnes at romdrakten AxEMU har blitt testet under inn- og utstigning av det fremtidige landingsfartøyet Starship, som skal bringe astronautene ned på Månens overflate.

Kommunikasjonssystemet LSCS er et selvstendig system, og består av to komponenter. En enhet som kombinerer en radio, basestasjon og kjernekomponenter lik de som benyttes i et nettverk på Jorden, og kommunikasjonsenheter som integreres i romdrakten. Både Nokia og Axiom Space mener at erfaringene fra den kommende testen med IM-2 og videre med Artemis-programmet, vil kunne overføres til det neste store prosjektet, som vil være en ferd til Mars. ●

# Etterspurte ESA-astronauter

Per Olav Sanner



↑ **GJENFORENING:** 23. november 2023, på dagen ett år etter at ESA presenterte sitt nye astronautkull, var de fleste av reserveastronautene tilbake på treningssenteret i Köln for den årlige medisinske evalueringen og briefingen. Fra venstre: Sławosz Uznański (Polen), Anthea Comellini (Italia), John McFall (Storbritannia), Carmen Possnig (Østerrike), Sara García Alonso (Spania), Amelie Schoenenwald (Tyskland), Meganne Christian (Storbritannia), Andrea Patassa (Italia) og Aleš Svoboda (Tsjekkia). Helt til høyre står Alexander Gerst (Tyskland), som er medlem av 2009-kullet og har to langtidsferder til ISS bak seg. Arnaud Prost (Frankrike), Marcus Wandt (Sverige) og Nicola Winter (Tyskland) var ikke til stede. (Foto: ESA)

**D**et nyeste astronautkullet til den europeiske romorganisasjonen ESA har fått mye oppmerksomhet i *Romfart* siden det ble introdusert for offentligheten i november 2022. Det er ikke uten grunn, for det kommer stadig nyheter om fremtidige planer og muligheter for denne nye generasjonen astronauter.

2022-kullet var hele 17 i tallet: Fem fast ansatte karriereastronauter, elleve reserveastronauter og én parastronaut. Karriereastronautene fullførte den ettårige grunnopplæringen ved ESAs astronautsenter i Köln i april 2024. Alle fem er nå i ulike stadier av avansert opplæring hos NASA i Houston. I denne fasen får de →



↑ **ALLTID PLESS TIL KAKE:** ESAs karriereastronauter feirer fullført grunnopplæring i april 2024. Fra venstre: Pablo Álvarez Fernández (Spania), Sophie Adenot (Frankrike), Rosemary Coogan (Storbritannia), Raphaël Liégeois (Belgia) og Marco Sieber (Sveits). (Foto: ESA/P. Sebirot)



↑ **RESERVENE VARMER OPP:** Fem av ESAs reserveastronauter startet i slutten av oktober 2024 den første av tre kursperioder på åtte uker hver. Fra venstre: Sara García Alonso (Spania), Arnaud Prost (Frankrike), Andrea Patassa (Italia), Aleš Svoboda (Tsjekkia) og Amelie Schoenenwald (Tyskland). (Foto: ESA/K. Stevens)

blant annet omfattende trening i arbeid utenfor romfartøyet, styring av robotarmer og enda grundigere kunnskap om de tekniske systemene på ISS.

To av dem, Sophie Adenot (Frankrike) og Raphaël Liégeois (Belgia) skal ut på seks måneder lange ferder til Den internasjonale romstasjonen (ISS) i henholdsvis februar og august 2026. De tre andre – Pablo Álvarez Fernández (Spania), Rosemary Coogan (Storbritannia) og Marco Sieber (Sveits) – ventes å delta på tilsvarende langtidsferder til ISS mellom 2027 og 2030. Álvarez Fernández og Sieber startet den avanserte opplæringen samtidig med Adenot og Liégeois i mai 2024. Coogan begynte opplæringen i november.

Av de elleve reserveastronautene ble svensk-norske Marcus Wandt den første i rommet i januar 2024, da han deltok på den kommersielt organiserte korttidsferden Ax-3 til ISS. Rundt seks måneder etter ferden var han ventet å gjenoppta sitt arbeid som sjefstestpilot for SAAB.

Polske Sławosz Uznański skal delta på Ax-4, som for øyeblikket ventes å starte i 2. kvartal 2025. Ingen andre konkrete koblinger mellom medlemmer av astronautreserven og fremtidige ferder er gjort ennå, men mye er i gjære.

Ved utnevnelsen i november 2022 opplyste ESA at reserveastronautene ikke blir ansatt fast, men forblir hos sine «vanlige» arbeidsgivere til ESA eller deres nasjonale romorganisasjoner eventuelt trenger dem til et oppdrag. Da blir de midlertidig ansatt som prosjektastronauter i en periode som dekker opplæring og forberedelser, selve ferden og en tid etterpå for å avslutte eksperimentprogram og rapporter. Deretter går de tilbake til reservestatus. Utover dette var planen at de bare skulle besøke ESA én uke hvert år for medisinske undersøkelser og grunnleggende innføring i ulike romrelaterte temaer.

Men det er tydelig at ESA har skrudd opp ambisjonsnivået siden da. Den 26. september 2024 kunngjorde orga-

## «... treningsprogrammet skal styrke astronautreservens beredskap og sikre at Europa forblir i front innen bemannet romfart.»

nisasjonen at alle reserveastronautene skal gjennomgå til sammen seks måneder med opplæring, som vil bestå av utvalgte moduler fra grunnopplæringen som karriereastronautene fullførte våren 2024. Deltakerne er inndelt i to puljer som hver skal gjennomføre tre omganger på åtte ukers opplæring.

Dette vil gi reserveastronautene grunnleggende kunnskaper og ferdigheter av teknisk og operasjonell art. De vil lære om systemer i romfartøyer og delta på overlevelseskurs under vinterforhold og i vann for å forberede dem på eventuelle nødsituasjoner. De vil også kurses som dykkere med tanke på senere opplæring i bruk av romdrakter. Det blir også tid til innføring i ulike typer romrelatert forskning og utstyret som benyttes til dette.

ESAs generaldirektør Josef Aschbacher sa følgende i forbindelse med den kommende opplæringen av reserveastronautene: «I oktober er vi glade for å starte en ny fase i utviklingen av Europas astronautreserve, noe som ytterligere understreker ESAs forpliktelse til å støtte våre medlemsland i deres bemannede romfartsambisjoner.» Daniel Neuenschwander, ESAs direktør for utforskning av rommet med mennesker og roboter, supplerte med at treningsprogrammet skal styrke astronautreservens beredskap og sikre at Europa forblir i front innen bemannet romfart.

Første pulje består av Sara García Alonso (Spania), Andrea Patassa (Italia), Arnaud Prost (Frankrike), Ame-



↑ **CREW:** Besetningen på Ax-4 under trening i en Crew Dragon-simulator hos SpaceX i Hawthorne, California. Fra venstre: Tibor Kapu (Ungarn), Shubhanshu Shukla (India/ISRO), Peggy Whitson (USA/Axiom) og Sławosz Uznański (Polen/ESA). (Foto: SpaceX)

lie Schoenenwald (Tyskland) og Aleš Svoboda (Tsjekkia), og startet treningen 28. oktober.

Andre pulje begynner opplæringen 13. januar 2025, og består av Meganne Christian (Storbritannia), Anthea Comellini (Italia), John McFall (Storbritannia) og Carmen Possnig (Østerrike).

McFall, som bruker protese etter en benamputasjon for mange år siden, ble i 2022 rekruttert av ESA som para-astronaut. Han deltok, som ledd i ESAs «Fly!»-studie, i deler av grunnopplæringen de fem karriere-astronautene gjennomgikk. Gjennom studien ønsket ESA å kartlegge hvilke tilpasninger av opplæring, romfartøyer og romdrakter som eventuelt er nødvendige for at flere mennesker skal kunne arbeide i rommet, selv om de skulle ha et mindre, fysisk handicap. Ved avslutning av studien høsten 2024 er konklusjonen at McFall (eller andre med tilsvarende fysiske utfordringer) fint

**«Antall personer som årlig sendes opp i rommet er i ferd med å mangedobles sammenlignet med det som var vanlig frem til cirka 2020, og det utløser nye muligheter for blant annet ESA.»**

kan delta på kortere eller lengre ferder i rommet. Han inngår nå i astronautreserven.

Det er flere grunner til at ESA satser sterkt på å forbedre reserveastronautene på fremtidige oppdrag.

Én av de viktigste er at det har åpnet seg et kommersielt marked der private firmaer tilbyr enkeltpersoner, kommersielle virksomheter, forskningsinstitusjoner og romorganisasjoner fra hele verden tilgang til rommet. NASA betaler allerede SpaceX og Boeing for at de skal frakte astronauter mellom Jorden og ISS, men selskapene kan selge tjenester til andre, også. Axiom Space har så langt organisert tre kommersielle romferder til ISS med fartøyer fra SpaceX, og har en fjerde under forberedelse. Flere selskaper i USA og Europa planlegger å etablere privatdrevne romstasjoner i lav jordbane mot slutten av dette tiåret. I tillegg selger selskapene Blue Origin og Virgin Galactic korte ferder i ballistisk bane til både turister og forskere. Antall personer som årlig sendes opp i rommet er i ferd med å mangedobles sammenlignet med det som var vanlig frem til cirka 2020, og det utløser nye muligheter for blant annet ESA.

En annen grunn er automatiseringen av fartøyene som brukes til å sende astronauter ut i rommet. Både Crew Dragon fra SpaceX og Starliner fra Boeing flyr normalt helautomatisk, og krever lite eller ingen involvering fra besetningens side. Noen besetningsmedlemmer blir trent for å kunne overta ved behov, men de fleste klarer seg med vesentlig mindre opplæring enn i tidligere →



↑ **NICOLA WINTER:** Reserveastronaut fra Tyskland. Winter deltar foreløpig ikke i innledende trening, men kan være den mest sannsynlige kandidaten til en mulig ferd på oppdrag fra myndighetene i Bayern. (Foto: ESA/P. Sebirot)

romfartøyer. De derav følgende kravene til treningsmengde senker terskelen for å delta.

En tredje er de konkrete erfaringene man har høstet siden 2022 med intensiv trening av astronauter til kortere romferder. Marcus Wandts periode som prosjektastronaut i forbindelse med Ax-3 var blant annet en prøve på om det er mulig å komprimere nødvendige ferdforberedelser til noen få måneder, gitt at man skal arbeide med et nøye definert forskningsprogram av begrenset varighet og ikke trenger å være forberedt på alle mulige typer oppgaver og situasjoner som kan oppstå under lengre opphold i rommet.

En fjerde er at hyppigere og kortere ferder innimellom de tradisjonelle langtidsferdene til ISS utvider mulighetene til å utføre vitenskapelige eksperimenter. Det blir kapasitet til å gjennomføre enda flere ulike eksperimenter, og man kan utvide datamaterialet ved at eksperimentene kan gjentas oftere og med flere testsubjekter.

En femte er muligheten for at Europa på sikt vil utvikle sitt eget, bemannede romfartøy. Om europeiske politikere skulle gi grønt lys for dette, vil det fortsatt ta flere år før fartøyet kan være klart. Men ESA-astronautene som ble plukket ut i 2022 er alle født på 1980- eller 1990-tallet, og flere av dem kan være aktuelle for rom-

## «Tsjekia har kunngjort planer om å sende sin reserveastronaut, Aleš Svoboda, ut i rommet innen fem år.»

ferder frem til nærmere 2050.

En sjettede er at nasjonale romorganisasjoner verden over – også i Europa – har fått øynene opp for verdien av bemannet romvirksomhet. Å delta i rommet gir muligheter for egen forskning, både grunnforskning og anvendt forskning. Det gir muligheter for å utvikle kompetansemiljøer og industri. Det inspirerer flere unge til å velge utdanning og karriere innen realfag. Og det er ikke til å komme bort fra at nasjonal prestisje også er en motivator.

Et knippe ferder de neste par årene illustrerer dette.

På Ax-4 i regi av Axiom Space våren 2025 skal et Crew Dragon-fartøy fra SpaceX besøke ISS i 14 dager. Tidligere NASA-astronaut Peggy Whitson (USA/Axiom) er fartøysjef. Shubhanshu Shukla fra den indiske romorganisasjonen ISRO er pilot. Sławosz Uznański fra Polen/ESA og Tibor Kapu fra Ungarn er ferdspesialister. Uznański er for anledningen prosjektastronaut på et oppdrag der Polens romorganisasjon har inngått avtaler direkte med Axiom om gjennomføring av ferden og med ESA om «lån» av astronaut, opplæring og deler av det vitenskapelige programmet. Ungarske myndigheter har inngått tilsvarende avtale med Axiom, men rekrutterte Kapu for anledningen da ingen ungarere er medlem av ESAs astronautkorps.

Det britiske UK Space Agency og Axiom kunngjorde i oktober 2023 at det skal organiseres en romferd med britiske astronauter, tidligst i slutten av 2025, forutsatt at ekstern finansiering kommer på plass. Det mest sannsynlige er at ferden vil gå til ISS med et Crew Dragon-fartøy. Det har etter hvert blitt klart at alle besetningsmedlemmene skal være briter. ESAs tre nåværende britiske astronauter er sannsynlige kandidater: Rosemary Coogan, Meganne Christian og John McFall. Men NASA krever at kommersielle fartøyer som besøker ISS må ha en fartøysjef som har tidligere ISS-erfaring. Det har britiske Timothy Peake, som sluttet som ESA-astronaut ved årsskiftet 2022/2023. Sommeren 2024 ble han ansatt av Axiom for å bistå i arbeidet med å organisere den britiske ferden, og det virker overveiende sannsynlig at han kommer til å fylle rollen som fartøysjef.

Tsjekia har kunngjort planer om å sende sin reserveastronaut, Aleš Svoboda, ut i rommet innen fem år. Det tsjekkiske samferdselsdepartementet har inngått intensjonsavtaler med både Axiom og selskapet Vast Space for å holde flere muligheter åpne. I et eventuelt samarbeid med Axiom vil ferden gå til ISS eller til Axioms egen, planlagte romstasjon Axiom Station, hvis første modul nå ventes skutt opp i slutten av 2026. Skulle oppdraget gå til Vast,



↑ **MAJOR TIM TO GROUND CONTROL:** Tidligere ESA-astronaut (og major) Timothy Peake (Storbritannia) tilbragte et halvt år på ISS fra desember 2015 til juni 2016. Nå jobber han for Axiom Space, og returnerer kanskje til ISS som sjef for en påtenkt, hel-britisk korttidsferd. (Foto: ESA/NASA)

kan destinasjonen bli enten ISS eller Haven-1, romstasjonen Vast utvikler og som selskapet har som mål å skyte opp i slutten av 2025. Både Axiom og Vast bruker Crew Dragon-fartøyer til transport av astronauter.

Axiom og myndighetene i den tyske delstaten Bayern offentliggjorde 26. juni 2024 at de innleder et samarbeid om teknologiutvikling som også kan komme til å omfatte en bemannet ferd på sikt. Det spekuleres allerede i at den aktuelle kandidaten til et slikt oppdrag kan være reserveastronaut Nicola Winter, som er fra Bayern.

(Winter er for øvrig den eneste av reserveastronautene som ikke er nevnt i forbindelse med den nylig påbegynte opplæringen. Kanskje har hun ikke tid akkurat nå: Hun er i innspurten på doktorgraden sin i romstudier og utdanner seg til pilot på redningshelikopter. Hun arbeider som prosjektleder for teknologidemonstrasjoner i Abteilung Missionstechnologie ved Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Hun er også tilknyttet Carl Remigius Medical School i Tyskland som dosent i håndtering av ulykker og kriser, og driver i tillegg eget konsultantselskap innen kriserådgivning. Høsten 2024 utga hun boken *The Sky Is No Limit: eine Jetpilotin über Krisenkompetenz, schnelle Entscheidungen und neue Horizonte: 10 Wege zum Erfolg in Job und Alltag.*)

Det må også legges til at ESA har inngått egne intensjonsavtaler med Axiom, Vast og Airbus/Voyager Space

(Starlab) om å utrede mulighetene for direkte samarbeid om bemannede romferder. Det betyr at ESA kan komme til å kjøpe plasser til sine astronauter på ferder til romstasjonene disse selskapene holder på å utvikle. Dette bidrar til å sikre ESA fortsatt tilgang til lav jordbane etter at ISS pensjoneres en gang etter 2030.

I sum viser dette at etterspørselen etter ESAs reserveastronauter er betydelig og økende. ESA kunne i november 2022 ikke garantere at alle reservastronautene ville få mulighet til å fly i rommet, selv om man regnet det som sannsynlig. Nå har man påbegynt forberedende trening av nesten hele gjengen så de skal bli bedre rustet til å kunne ta oppdrag på kort varsel, og halvparten av dem er offisielt eller uoffisielt knyttet til kommende ferder eller har allerede fløyet.

Til sist tar vi med at også europeere uten ESA-tilknytning ventes å fly i rommet i 2025. Den kommersielle korttidsferden Fram2, der en Crew Dragon fra SpaceX vil sendes på den første bemannede ferden i polbane, er utsatt fra desember 2024 til våren 2025. Ferden ledes og finansieres av Chun Wang, statsborger av Malta samt St. Kitts og Nevis, men opprinnelig fra Kina. Jannicke Mikelsen fra Norge er fartøysjef, Eric Philips fra Australia er pilot og Rabea Rogge fra Tyskland er ferdspesialist. Denne ferden er beskrevet i en egen artikkel i *Romfart* nr. 3/2024. ●

# Bærekraftig utforskning av Månen og planetene

Jan Petter Løberg



↑ **ROMSØPPEL:** Dette er et datamaskingenerert bilde som illustrerer konsentrasjonen av romsøppel i lav jordbane.

Utforskningen av Solsystemet har frykten for å forurense Månen og planetene vært en viktig faktor. Bygging av romfartøyer har blitt foretatt under svært strenge omgivelser med tilnærmet sterile forhold. Teknikere og ingeniører har vært iført heldekkende drakter og munnbind, alt for å unngå at jordiske bakterier og virus skulle bli med på reisen ut i verdensrommet.

En studie som er gjennomført av New York universitetets senter for astrofysikk og romfartsvitenskap i Abu Dhabi, setter søkelys på ulike måter forurensning kan

skje i forbindelse med utforskning av verdensrommet.

De ledende romfartsorganisasjonene USA og Kina har, med støtte fra politikerne, igangsatt prosjekter med henblikk på ny utforskning av Månen og etablering av varige baser der. I USA skjer dette gjennom Artemis-programmet til NASA, i tillegg til sammenslutningen av kommersielle selskaper i CLPS-programmet. Industriselskapene tilknyttet CLPS (Commercial Lunar Payload Services) skal primært levere teknologi på oppdrag fra NASA, og i tillegg sørge for frakt fra Jorden til Månens overflate.

Kinas aktuelle måneprosjekt innbefatter romstasjonen International Lunar Research Station (ILRS) som etter planen skal være i drift en gang i 2030-årene.

Det foreligger planer om videre menneskelig utforskning i rommet med etablering av NASAs Månen-til-Mars program. Ideen er å benytte Månen som springbrett til en bemannet ferd til Mars. Når det om noen år etableres en forskningsstasjon på Månen, vil det bli en primær oppgave å finne ut om man kan utnytte lokale ressurser, for eksempel vann fra is, som vi vet eksisterer i skyggefulle deler på overflaten. Erfaringene man innhenter på Månen vil bety at astronautene på Mars vil utnytte lokale ressurser på planeten så man slipper å bringe med seg alt man trenger fra Jorden. Det kan også nevnes at det foreligger fremtidige planer om å utnytte ressurser på asteroider.

Ved gjennomføring av disse planene, som vil omfatte både offentlig og privat virksomhet, advarer studien om at miljøet på Månen og Mars kan risikere å bli forurenset og endret for all tid. Videre foreslår studien at bærekraft må legges til grunn for de nye forskningsprosjektene. Det betyr at det innføres internasjonale lover og regler som regulerer all virksomhet på Månen og planetene, og omfatter alt fra biologisk forurensning til skader og ødeleggelser som kan skje ved ukontrollerte hendelser. Disse reguleringene har som mål å bevare verdifulle vitenskapelige funn for nåværende og fremtidige generasjoner. Studien baserer seg på FNs rapport fra 2018 som definerer langsiktig bærekraft relatert til aktiviteter i verdensrommet. Rapporten beskriver nødvendigheten av å prioritere bærekraftige løsninger når ambisjonene strekker seg utover Jordens nærområde.

Ved århundreskiftet hadde kun 14 nasjoner sendt opp satellitter. I ettertid har satellitter fra 91 land nådd jordbane, og antallet private selskaper innenfor romfartsindustrien øker. Utforskning og bruk av verdensrommet er ikke lenger forbeholdt nasjonale romfartsorganisasjoner. Antall private selskaper, interesse fra internasjonale investorer innenfor romfartsindustrien og selv romturisme er økende, og vil kreve internasjonal kontroll over aktiviteter i Jordens nærområde.

Med den kraftige ekspansjonen i romfartsaktiviteter, har langsiktig bærekraft blitt en nøkkelfaktor for nasjonale og internasjonale organisasjoner i tillegg til romfartsindustrien. Den internasjonale telekommunikasjonsunionen (ITU), har en rolle i å holde rommet i Jordens nærhet bærekraftig. Å administrere aktiviteter i lav jordbane og i geostasjonære baner er et av organisasjonens viktigste bidrag.

Den nåværende romforskningen fokuserer primært på området i Jordens nærhet. Secure World Foundation er en privat organisasjon som bl.a. henvender seg til regjeringer og industrien. Organisasjonen har som et primært mål å utvikle og selge ideer for, som det fremgår av målsettingen, «å sikre bærekraft og fredelig bruk av verdensrommet til fordel for Jorden og menneskeheten». Konkret advarer organisasjonen mot den stadig økende

mengden romsøppel, ukontrollert fortetting av satellitter i jordbane, i tillegg til den generelle sikkerheten i rommet rundt Jorden.

Studien argumenterer for at de eksisterende internasjonale regler og lover utvides til å omfatte alle planeter og måner i Solsystemet. Nåværende regelverk omfatter kun aktiviteter nær Jorden, men studien forutsetter at det er på tide med en utvidelse til å omfatte Månen og planetene. Et beskyttende regelverk som også omfatter våre naboer i verdensrommet, er et naturlig utgangspunkt når vi om kort tid vender tilbake til Månen.

I konklusjonen på studien legges det vekt på at bærekraft må bli et viktig prinsipp i bemannet romvirksomhet. Regler og lover som blir vedtatt nå, vil være styringsgrunnlaget for romforskning i de neste generasjonene. Dette vil sørge for en balansert og sikker forskning, som i tillegg vil være produktiv og rettskraftig.

At dette temaet er svært aktuelt, reflekteres i at NASA nylig fikk Kongressens godkjenning til å opprette en egen divisjon som skal koordinere bærekraften i organisasjonens fremtidige romvirksomhet. Divisjonen skal samle NASAs forsknings- og operative funksjoner i tillegg til å omfatte organisasjonens policy og målsettinger i en enhetlig avdeling. Disse funksjonene har tidligere vært fordelt på flere forskjellige virksomheter i NASA.

Den nye divisjonen blir en del av NASAs Space Operations Mission Directorate, som også inkluderer den internasjonale romstasjonen. Leder for divisjonen blir den tidligere astronauten Alvin Drew. Som en følge av dette annonserte NASA en strategi for bærekraft i sin romvirksomhet. I første omgang omfatter strategien virksomheten i jordbane. I neste omgang vil den omfatte området mellom Jorden og Månen, og deretter videre i Solsystemet. Ved annonseringen av den nye divisjonen belyste representanter fra NASA utfordringene i spesielt lav jordbane med økningen i antall satellitter og mengden romsøppel som er i ferd med å bli en alvorlig trussel.

NASA uttaler at det er ingen tid å miste, og har nedsatt seks mål i sin strategi:

- Utvikle et rammeverk for å evaluere bærekraften i romvirksomheten til NASA.
- Prioritere de mest effektive måter for å unngå romsøppel i egen virksomhet.
- Gjøre romvirksomhet mer bærekraftig ved å utvikle ny teknologi.
- Utvikle nye og oppdatere eksisterende retningslinjer som skal sørge for motivasjon til å gjennomføre og støtte bærekraftig romvirksomhet.
- Fortsette med å få til samarbeid utenfor NASA.
- Arbeide for å motivere NASAs egen organisasjon til å tenke bærekraft.

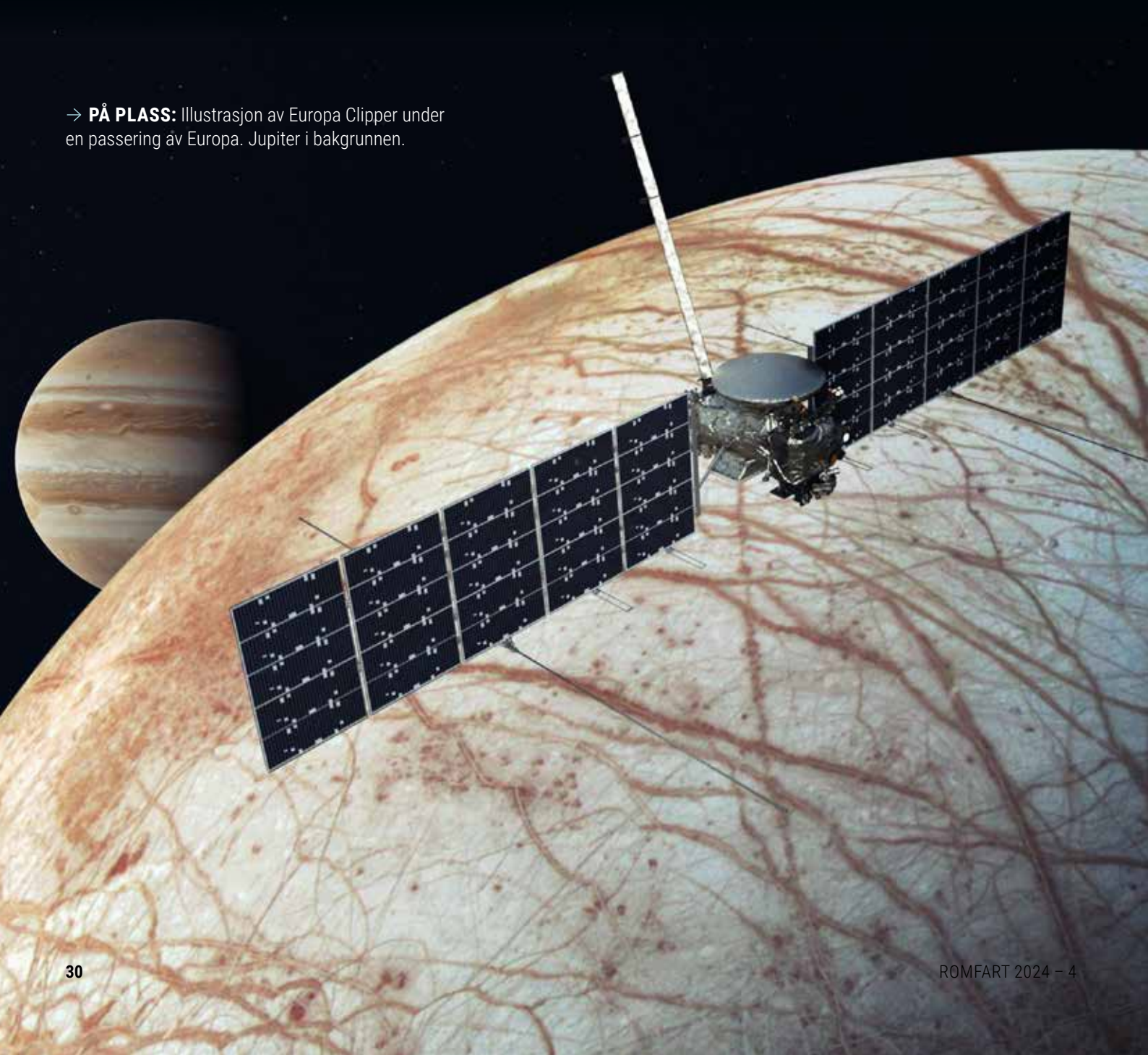
Under annonseringen la NASA vekt på at arbeidet med å videreutvikle strategien til å omfatte virksomheten på og rundt Månen vil bli intensivert, spesielt med tanke på at Artemis-programmet, med en annonsert månelanding med Artemis 3, skal gjennomføres om få år. ●

# Europa Clipper på vei mot Jupiter

NASAs romsonde Europa Clipper er på vei til Jupiter etter å ha blitt skutt opp med en Falcon Heavy-rakett den 14. oktober 2024. Den primære hensikten med prosjektet er å undersøke om det er gunstige betingelser for at liv kan eksistere i havet under isen på Jupiter-månen Europa.

Øyvind Guldbrandsen

→ **PÅ Plass:** Illustrasjon av Europa Clipper under en passering av Europa. Jupiter i bakgrunnen.





↑ **REN:** Europa Clipper i et renrom ved Kennedy-senteret før den kapsles inn i nyttelastdekslet til Falcon Heavy. Den runde direktivantennen, som dekket av beskyttende folie, har en diameter på 3 meter.

**D**ermed er to såkalte flaggskipsonder på vei til Jupiter. Halvannet år før Europa Clipper ble ESAs romsonde JUICE sendt av gårde mot samme planet. Sistnevnte vil ankomme i juli 2031, 16 måneder etter Europa Clipper.

Oppskytingen av Europa Clipper startet kl. 18:06 norsk tid. Teamene fra APL (Applied Physics Laboratory) og JPL (Jet Propulsion Laboratory), som har bygget sonden, og fra SpaceX, som har bygget bæreraketten, fikk sonden av gårde bare fire dager inn i det fire uker lange oppskytingsvinduet, til tross for at vinduet åpnet omtrent samtidig med at orkanen Milton feide inn over Florida og underveis passerte rett over Kennedy-romsenteret, som oppskytingen skjedde fra.

En drøy time etter start ble romsonden koblet fra Falcon-rakettens 2. trinn. Ytterligere noen minutter senere mottok JPLs kontrollsenter signaler som bekreftet at sonden var i live. Senere på dagen opplyste JPL at de to store solcellevingene var foldet ut. De påfølgende dagene ble også bommen til magnetometrene og antennene til undergrunnsradaren foldet ut. Radarantennene er montert på solcellevingene.

Europa Clipper skal ankomme Jupiter den 10. april 2030 og tilbringe minst fire år i kretsløp rundt planeten. På vei til Jupiter skal sonden passere Mars den 1. mars 2025 i en avstand av rundt 900 km og Jorden i begynnelsen av desember 2026 i en avstand av rundt 3000 km. Planetpasseringene er nødvendige for å gi sonden nok

## «Europa Clipper skal ankomme Jupiter den 10. april 2030 og tilbringe minst fire år i kretsløp rundt planeten.»

heliosentrisk hastighet til å komme seg ut til Jupiter, noe bæreraketten ikke ville klart direkte.

Med en oppskytingsmasse på så vidt over 6 tonn, og med 30 meter mellom tuppen av solcellevingene, er Europa Clipper den største og mest massive interplanetariske sonden i NASAs historie. Hele potensialet til Falcon Heavy måtte utnyttes for å få sonden inn i den tiltenkte banen. Det betød at ingen av trinnene kunne returneres for gjenbruk, kun nyttelastdekslet ble berget etter oppskytingen. Sondens store solcellevinger er nødvendige fordi styrken på sollyset ved Jupiter kun er på 1/27 av hva det er ved Jorden.

### Exit SLS

På grunn av Europa Clippers store masse og den lange veien til Jupiter, var det lenge planen å skyte den opp med NASAs superkraftige bærerakett SLS (Space Launch System). Den amerikanske Kongressen gjorde til og med et lovvedtak om dette. →



↑ **KLARGJORT:** Falcon Heavy-raketten klargjøres ved Kennedy-senteret i Florida. Sidetrinnene ser litt svidd ut fordi dette var sjette oppskyting for hver dem. Kjernetrinnet var nytt. Ingen ble forsøkt berget etter denne oppskytingen siden det ikke var drivstoff til å landsette dem igjen.

Dersom Europa Clipper hadde blitt skutt opp med SLS, kunne reisetiden til Jupiter ha blitt gjort unna på mindre enn 3 år, mot de 5½ årene sonden vil bruke nå.

Likevel var NASA lite lystne på å binde prosjektet til SLS. SLS produseres i et begredelig langsomt tempo. Den første og hittil eneste oppskytingen fant sted i 2022, på den ubemannede testferden Artemis 1. Frem til 2030 snakker vi ganske omtrentlig én oppskyting hvert annet år. Siden også alle disse i utgangspunktet er bundet opp til NASAs måneprogram Artemis, var det høyst usikkert når Europa Clipper kunne fått tilgang på en frigjort SLS-rakett. Den forkortede reisetiden kunne fort blitt spist opp, og vel så det, av en forsinket oppskyting.

SLS ville også fordyret Europa Clipper-prosjektet betraktelig. En SLS-oppskyting koster i størrelsesorden

4 milliarder dollar, 20–25 ganger mer enn en Falcon Heavy. Så kan man kanskje si at dette er en del av kostnadene NASA uansett ville hatt med SLS-programmet, uavhengig av hvilke nyttelaster man hadde valgt å sette oppå de rakettenes som lages.

I alle tilfeller ville en SLS-oppskyting krevd omfattende modifiseringer av Europa Clipper, for å unngå skader fra ristingen fra SLS' faststoffmotorer. Ifølge NASA kunne dette komme til å fordyre byggingen av sonden med opp til 1 milliard dollar.

I 2021 fikk NASA gjennomslag for å helt og holdent droppe SLS fra Europa Clipper-prosjektet. NASA ga umiddelbart beskjed til alle tilknyttet prosjektet, om at de kunne fortsette arbeidet uten å tenke på vibrasjonene fra SLS' faststoffmotorer

### Liv på Europa?

Med sine ni avanserte vitenskapelige instrumenter og prislapp på rundt 5 milliarder dollar er Europa Clipper antakelig også NASAs mest sofistikerte sonde hittil. Søndens hovedoppgave er altså å studere Jupiter-månen Europa i detalj, slik at forskerne kan vurdere hvorvidt det er betingelser for at liv kan eksistere der.

Per idag regner mange forskere Europa som det mest sannsynlige stedet i Solsystemet hvor det vil være mulig

**«Per idag regner mange forskere Europa som det mest sannsynlige stedet i Solsystemet hvor det vil være mulig å finne liv som ikke har oppstått på Jorden.»**



↑ **OPPSKYTNING:** Oppskytingen foregikk fra den historiske Oppskytingsrampe 39A, som også har blitt brukt til å skyte opp Saturn V-måneraketter og romfergene. Til høyre er det nye oppskytingstårnet som SpaceX har bygget til Starship/Super Heavy.

å finne liv som ikke har oppstått på Jorden.

Europa Clipper kan ikke direkte registrere om det er liv på Europa. Dette vil eventuelt bli overlatt til fremtidige sonder, skulle observasjonene fra Europa Clipper vise seg lovende.

En etterfølgende sonde vil i første omgang trolig være et landingsfartøy. En foreslått etterfølger til dette igjen er en hydrobot, det vil si en undervannsdroner som kan smelte seg gjennom isen på Europa før den entrer det man med stor grad av sikkerhet antar er et hav under isen.

Med en diameter på 3122 km er Europa Jupiters tredje største måne, litt mindre enn Jordens måne. Hele overflaten er dekket av is, full av lange sprekker. Det er svært få nedslagskratre på overflaten. Det må derfor foregå prosesser som visker ut kratrene raskere enn de dannes. Det er spesielt observasjoner fra magnetometeret på romsonden Galileo, som kretset rundt Jupiter fra 1995 til 2003, som indikerer at det under den islagte overflaten er et dypt hav av saltvann, som trolig strekker seg over hele månen. NASA anslår at det er dobbelt så mye vann i dette havet som i alle havene på Jorden til sammen.

Forskerne antar at forholdene i Europas hav er sammenlignbare med forholdene i havet under pol-isen på Jorden. Selv om havet på Europa kan være så dypt som

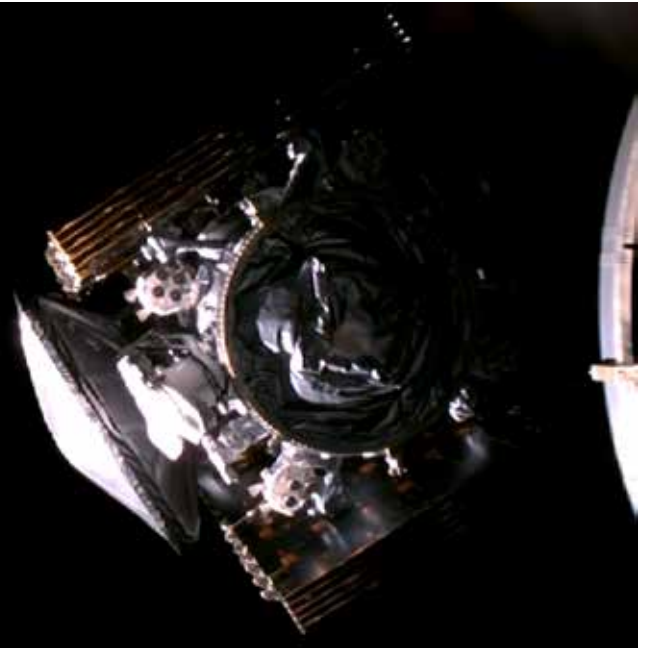
## «NASA anslår at det er dobbelt så mye vann i havet på Europa som i alle havene på Jorden til sammen.»

60–150 km er ikke trykket nødvendigvis større enn på bunnen av Jordens dypeste havområder, siden Europas gravitasjonskraft er svakere.

Forskerne spekulerer også på om det kan finnes varmekilder på Europas havbunn. Det har de god grunn til, når man ser på den heftige vulkanske aktiviteten på nabomånen Io. Her på Jorden finnes varmekilder flere steder på bunnen av havet. Mange av disse er tilholdssted for såkalte ekstremofile organismer, mikroorganismer som trives under ekstremt trykk og varme, uten tilgang på oksygen. I stedet lever organismene av hydrogengass, hydrogensulfid eller svovel. Oppdagelsen av disse ekstremofile organismene er blant faktorene som har gitt tiltro til at det kan finnes mikroorganismer også i havet på Europa.

Radaren til Europa Clipper vil kunne trenge gjennom isen og kartlegge hvor tykk den er, og vise isens ver- →

→ **I ROMMET:** Europa Clipper rett etter frakoblingen fra andretrinnet på Falcon Heavy, litt over en time etter at oppskytingen startet. Bildet er tatt med et kamera på Falcon-trinnet. Alle sondens solpaneler og instrumentbommer er fortsatt foldet sammen.



tikale struktur. Siden radarbølger ikke trenger gjennom flytende vann vil ikke Europa Clipper gi noen direkte observasjoner av havbunnen på Europa.

Galileo klarte aldri å direkte se aktive geysirer på Europa slik Voyager 2 og Cassini tydelig så det på henholdsvis Neptun-månen Triton og i særdeleshet Saturn-månen Enceladus. Data fra Galileo, og spesielt fra Hubble-romteleskopet i bane rundt Jorden, indikerer likevel at slike eksisterer også på Europa. Sannsynligvis ventilerer disse ut gjennom noen av sprekene i isen. Skulle Europa Clipper finne og lokalisere slike, vil man prøve å sende sonden gjennom skyene fra geysirene, tilsvarende hva man gjorde med Cassini ved Enceladus. Sondens massespektrometre vil da kunne bestemme den kjemiske sammensetningen i skyene og direkte registrere hvorvidt de inneholder såkalte kjemiske byggestener for liv. Man planlegger å la Europa Clipper passere ned til 25 km fra Europa. Fra den avstanden vil telekameraet, som er utstyrt med bildebrikke på 8 Megapixler (2×4 kpix), kunne se detaljer ned til 25 cm per pixel. Det er ventet at 90 % av Europas overflate vil bli kartlagt med en oppløsning på 100 meter eller bedre. Både vidvinkel og telekameraet vil ta fargebilder og stereoskopiske (3D) bilder.

Sonden har et ultrafiolett og to infrarøde spektrometre som på avstand vil bestemme kjemisk sammensetning av overflatematerialet. Man er særlig interessert i å finne ut hva som forårsaker «misfargingen» av de fleste sprekene i isen på Europa. Noen forskere har foreslått at dette skyldes mikrobiologisk aktivitet. Men

**«Skulle Europa Clipper finne og lokalisere geysirer på Europa, vil man prøve å sende sonden gjennom skyene fra disse.»**

enn så lenge anses grunnlaget for å påstå noe slikt for temmelig tynt.

### I kretsløp rundt Jupiter

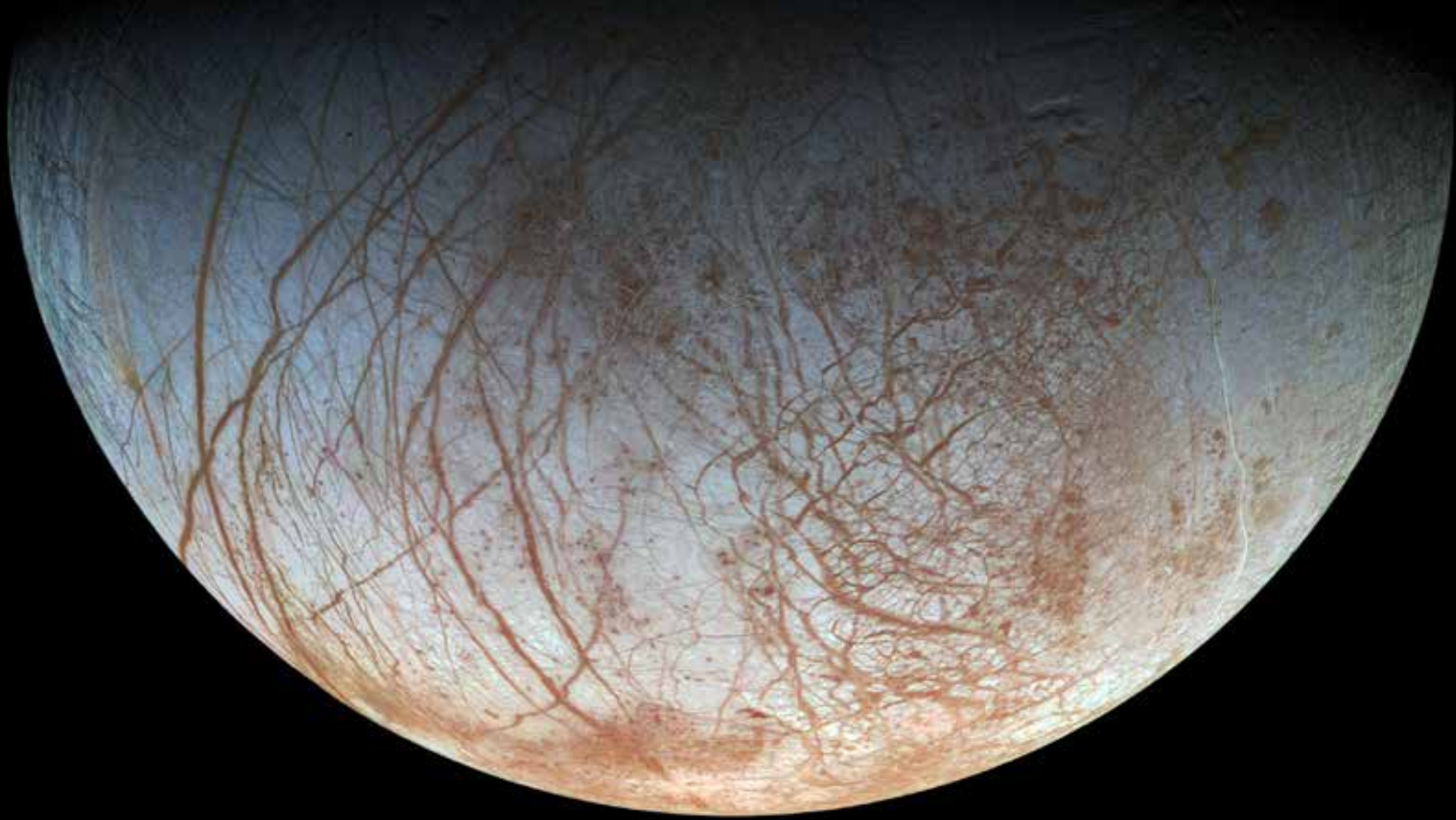
Europa Clipper vil bare bli historiens tredje romsonde som settes i kretsløp rundt Jupiter, etter Galileo og JUNO. JUNO har vært i aktivitet i bane rundt Jupiter siden 2012 og vil antakelig fortsette med det frem til den faller ned i Jupiter-atmosfæren i september 2025.

Europa Clipper har 24 relativt små rakettmotorer som sørger for banejusteringer og stillingskontroll. Én ting sonden *ikke* er utstyrt med er en kraftigere hovedmotor, som praktisk talt alle andre orbitalsonder har hatt. Ved ankomst Jupiter vil i stedet åtte av de 16 fremoverrettede motorene avfyres samtidig for å bremse opp sonden, slik at den går inn i kretsløp rundt planeten. Oppbremsingen vil ta hele seks til åtte timer og forbruke 50–60 % av sondens opprinnelige 2,7 tonn med drivstoff. De øvrige åtte motorene vil være i stand-by.

Ved ankomsten til Jupiter vil Europa Clipper også passere nær Ganymedes, som er Jupiters og Solsystemets største og mest massive måne. Ganymedes' gravitasjon vil bidra til å senke Europa Clippers hastighet i forhold til Jupiter.

Det første omløpet vil likevel være svært avlangt, med en omløpstid på 6½ måned og strekke seg til nesten 19 millioner km unna Jupiter. Til sammenligning er baneradiusen til Europa og Ganymedes henholdsvis 671 000 og 1,07 millioner km.

I tillegg til passeringen ved ankomsten vil Europa Clipper også etter de tre påfølgende omløpene passere nær Ganymedes for å gradvis krympe banen uten å sløse med drivstoff. Vi kan vente oss OK bilder av de andre galileiske månene også i denne tiden, tatt fra ned til noen hundre tusen km avstand. Og naturlig nok av Jupiter selv. Men den første virkelig nære passeringen av Europa vil ikke skje før 11 måneder etter ankomsten, den 7. mars 2031.



↑ **NÆRBILDE:** Bildemosaikk av Jupiter-månen Europa, satt sammen av opptak fra romsonden Galileo.

### Også JUICE

4½ måned senere, den 21. juli 2031, får Europa Clipper selskap av ESAs Jupiter-sonde JUICE (Jupiter ICY moons Explorer). JUICE har omtrent samme oppskytingsmasse som Europa Clipper (6 tonn) og ble skutt opp opp allerede i april 2023, med den nå pensjonerte bæreraketten Ariane 5. Siden Ariane 5 var svakere enn Falcon Heavy, forlot JUICE Jorden med lavere hastighet enn Europa Clipper. JUICE må derfor følge en enda mer kronglete rute, med én passering av Venus og hele tre av Jorden, for å bygge opp nok hastighet til å nå Jupiter.

Den første av JUICEs fire planetpasseringer, av Jorden, fant sted den 20. august 2024, i en avstand av 6840 km. Det høyst spesielle med denne passeringen var at sonden akkurat ett døgn tidligere passerte bare 750 km fra Månen. Dobbeltpasseringen krevde ekstra presis navigering, men ga sonden en forsterket dytt på veien.

Vel fremme ved Jupiter vil JUICE kretse i et mønster som ligner på Europa Clippers. For både Europa Clipper og JUICE vil banene rundt Jupiter endres for bortimot hvert omløp gjennom gravitasjonspåvirkningene fra månen de passerer på omløpet.

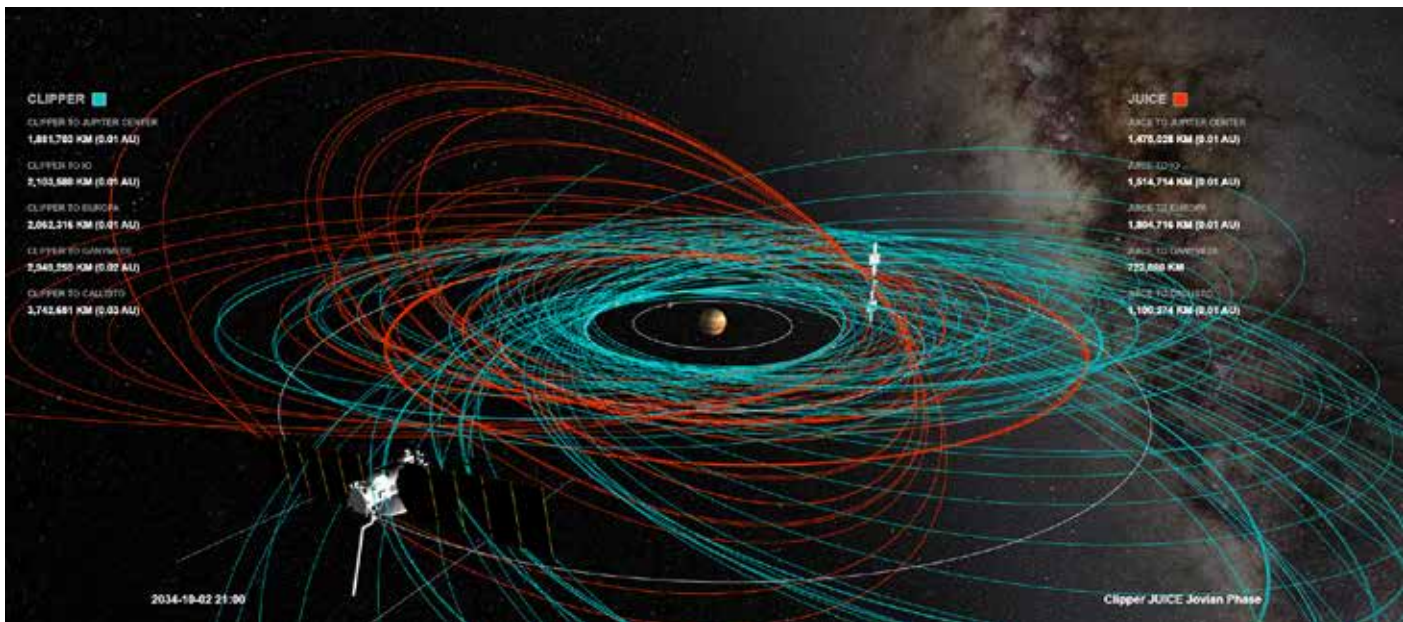
De to romfartøyene vil i utgangspunktet operere uavhengig av hverandre og vanligvis befinne seg millioner

av kilometer fra hverandre. Men den unike situasjonen at to avanserte romfartøy samtidig vil kretse i bane rundt Jupiter har fått NASA og ESA til å nedsette en felles komité som studerer hvordan man best mulig kan samkjøre observasjoner.

Europa Clipper skal over de påfølgende tre årene konsentrere seg om Europa, og under dette primære programmet passere nær månen hele 49 ganger, hver gang over varierende områder av overflaten. Forskerne tror det er godt mulig at man over denne tiden vil kunne observere endringer i overflaten, slik som dannelse av nye sprekker i isen.

JUICE vil passere nær Europa bare to ganger, begge i juli 2032, den andre gangen tilfeldigvis bare 4 timer etter Europa Clipper. Om dagens ferdplaner holder stikk vil de to sondene på dette omløpet ligge ned til bare noen tusen km fra hverandre, nær nok til at det burde være mulig for dem å se hverandre med telekameraene over flere døgn, skulle man gå inn for det.

Ellers skal JUICE konsentrere seg om de større og fjerne månene Callisto og særlig Ganymedes, som JUICE skal gå inn i kretsløp rundt i desember 2034. Det blir første gang et romfartøy settes i bane rundt en annen måne enn Jordens. →



↑ **BANER:** Simulering av banene Europa Clipper og JUICE planlegges å ha gjennomført rundt Jupiter frem til oktober 2034. Det er så lenge Europa Clippers primære program er ment å vare, men to måneder før JUICE skal settes inn i bane rundt Ganymedes. Romsondene er også tegnet inn, men er selvsagt vist en god del større enn de i virkeligheten er i forhold til Jupiter, nærmere bestemt med en faktor på over 100 millioner. De fire galileiske månene, det vil si Io, Europa, Ganymedes og Callisto, også de noe forstørret, og deres baner er også tegnet inn, Bare den innerste, til Io, er lett synlig, siden det ikke er planlagt å la noen av sondene foreta noen nærpasseringer av denne.

Europa Clipper kommer på sin side ikke til å bli satt inn i kretsløp rundt Europa. Det ville krevd for mye drivstoff og tid. Men først og fremst ville de skadelige strålingsbeltene så nær Jupiter ha gjort ende på sonden etter alt for kort tid. I stedet skal sonden fortsette å kretse i avlange baner rundt planeten, hvor månepasseringene, som i tillegg til alle av Europa vil inkludere en håndfull hver av Ganymedes og Callisto, skje når sonden er nær perijove, punktet i banen nærmest Jupiter.

Ved hver månepassering vil alle instrumentene jobbe på høygir. Observasjonsdataene vil bli lagret i sonden og overført til Jorden mer i ro og mak, via den tre meter store direktivantennen, når sonden er i tryggere omgivelser lenger unna Jupiter.

Det er foreløpig ingen planer om å la verken Europa Clipper eller JUICE komme nevneverdig nærmere Jupiter enn Europas bane. For Europa Clipper betyr det at den ikke vil passere den vulkanske månen Io nærmere enn i underkant av 300 000 km. Fra den avstanden vil kameraet gi bilder med en oppløsning på 3 km pr. pixel. Det er fortsatt mer enn bra nok til at man vil kunne se svovelskyene fra

mange av Ios hundrevis av aktive vulkaner, samt observere endringene disse gjør på overflaten.

### Forlengelse av ferdene?

JUICE skal styres ned til en kollisjon på Ganymedes overflate etter minst 9 måneder i kretsløp rundt månen. At denne fasen av ferden blir forlenget, er imidlertid meget mulig. Det avhenger av drivstoffmengden om bord og om romfartøyet fungerer tilfredsstillende. Og av bevilgninger til å holde prosjektet gående.

Den foreløpige planen er at også Europa Clipper skal styrtes ned på Ganymedes etter endt ferd, for å unngå å risikere at den i vanvare treffer Europa og forurenser månen med mikrober fra Jorden. Muligens vil nedslagsskrateret etter den første sonden kunne finnes av den andre, særlig dersom det er Europa Clipper som avsluttes først. Men når det skal skje er ikke godt å si i dag. Erfaringsmessig kan vi forvente at også denne ferden vil bli forlenget utover de drøye fire årene i bane rundt Jupiter som det primære programmet skal vare. Her gjelder de samme begrensningene som med JUICE. Men siden Europa Clipper vil tilbringe mer tid i de barske strålingsbeltene nærmere Jupiter, vil elektronikken og solpanellene muligens degraderes raskere.

Gjennom sommeren 2024 så det ut til at nettopp elektronikken i Europa Clipper ville bli et kjempeproblem. I mai ble det nokså tilfeldig avdekket at en stor mengde transistorer av typen MOSFET, som fordeler strøm i sonden, lot til å tåle langt mindre stråling enn de var spesifisert for, og trolig ville svikte nær Jupiter. Årsaken var at leverandøren hadde endret produksjonen av transistorene, uten

**«En foreslått etterfølger til et landingsfartøy er en hydrobot, en undervannsdrone som kan smelte seg gjennom isen på Europa før den entrer det man med stor grad av sikkerhet antar er et hav under isen.»**

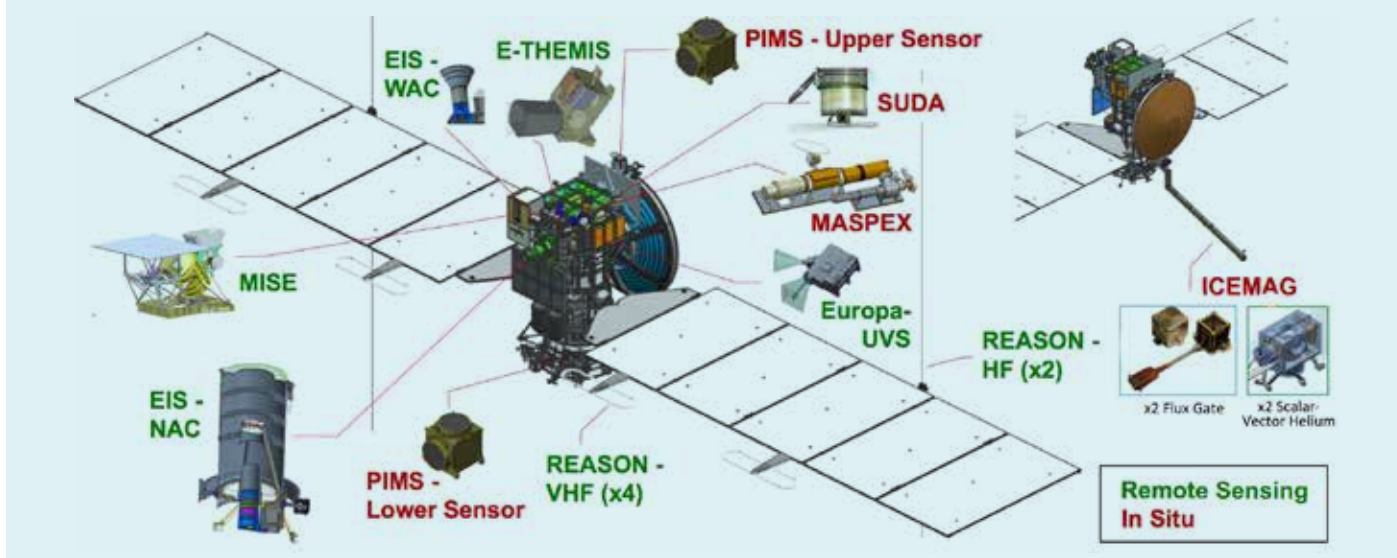
## EUROPA CLIPPERS INSTRUMENTER

- **EIS-WAC/EIS-NAC:** Henholdsvis vidvinkel- og telelinsekameraet. Bildesensorer på 2048x4096 pixler. Kan brukes i pushbroom- og framing modus (skanning og snapshot). Telekameraet kan svinge 60° langs to akser. Seks fargekanaler 350–1050 nm. Synsfelt 24x48°/1,2x2,3°. Vinkelopp-løsning 218 og 10 mikroradianer.
- **E-THEMIS:** Varmefølsomt kamera. Vil kunne finne eventuelle cryovulkaner.
- **Europa UVS:** Ultrafiolett spektrograf. Studier av atmosfæregasser og søk etter geysirer.
- **MISE:** Infrarødt spektrometer. Kartlegge distribusjon av is, salter, organiske elementer og eventuelle varmpunkter på overflaten til Europa.
- **ICEMAG (eller ECM):** Magnetometere. Kartlegge Jupiters

og månenes magnetfelt og ionosfærer og hvordan de påvirker hverandre. Kan fortelle om is-tykkelsen på Europa og havets dybde og saltinnhold.

- **PIMS:** Plasmainstrument. Studier av ionosfærer.
- **REASON:** Undergrunnsradar som kan trenge gjennom Europas is-skall og vise dens vertikale struktur. Antenner for høyfrekvente (HF) og veldig høyfrekvente (VHF) radarbølger.
- **MASPEX:** Massespektrometer. Direkte studier av Europas atmosfære og eventuelle skyer fra geysirer.
- **SUDA:** Direkte analyser av kjemien til støv som slås opp av meteorittnedslag og til ispartikler fra geysirer.

I tillegg vil gravitasjonsmålinger som gjøres via kommunikasjonsantennen blant annet fortelle om Europas indre struktur.



å gi beskjed. Den utrolige forklaringen var at produsenten ikke «visste» hva NASA skulle bruke transistorene til, eller at de måtte være ekstra strålingsbestandige.

Et såkalt «tiger team» som ble satt på saken, anslo først at 900 MOSFETs var montert i sonden, et tall som snart ble korrigert til hele 1500. Å bytte ut alle disse kunne komme til å koste så mye som 1 milliard dollar og forsinke prosjektet med minst et par år. Transistorene var allerede loddet og limt på plass på kretskort og hvor enn de trengtes, og pakket dypt inni et romfartøy som ikke var ment å plukkes fra hverandre. De fleste av transistorene var endog for lengst forseglet inni et hvelv av 9 millimeter tykk aluminium som skal gi en viss beskyttelse mot strålingen ved Jupiter.

Etter omfattende tester gjennom sommeren, og utvilsomt mange våkenetter blant personer involvert i prosjektet, konkluderte NASA den 28. august, kanskje like utrolig nok, at det sikkert går greit å sende romfartøyet av gårde slik det er.

Hva en eventuell forlenget ferd vil innebære er selvsagt litt tidlig å spekulere over. Både Galileo og Cassini ble forlenget med mange år, etterhvert som man fant nye

ting å undersøke og nye metoder for å holde sondene i vigør for en relativt billig penge. Galileo ble først sendt flere ekstra ganger forbi Europa, etterhvert som det ble mer og mer klart hvor interessant denne månen er. Deretter ble den sendt på et par kamikazeforbiflyvninger av Io, hvor elektronikken ble nesten grillt i stykker. Til slutt falt den av seg selv inn i Jupiters atmosfære.

Noe ikke helt ulikt ble gjort med Cassini etter oppdagelsen av geysirene på Enceladus. Da ble sonden sendt nær og til og med gjennom geysirene for å snuse nærmere på disse. Til slutt ble den sendt i en bane som gjentakende ganger nærmest skimmet Saturns skylag, før også den i 2017 falt ned i planetens atmosfære, 20 år etter oppskytingen.

Basert på dette kan vi gjette at man etter det primære oppdraget vil styre Europa Clipper, om forholdene tillater, noen ekstra ganger forbi Europa for å se nærmere på hva enn den måtte komme til å oppdage der. Og kanskje spare et par helseskadelige passeringer av Io til slutt, etter at man har sikret seg at sonden vil kolliderer med hva som helst annet enn Europa, selv om man skulle miste kontroll over den. ●

An artistic illustration of the Hera mission. In the center, a large, dark, irregularly shaped asteroid is shown. To its right, a smaller, more rounded asteroid is visible. Two spacecraft are depicted: one is the Hera mission, a large satellite with multiple solar panels and antennas, positioned to the right of the larger asteroid. Another smaller satellite is shown to the left of the larger asteroid. The background is a dark, starry space.

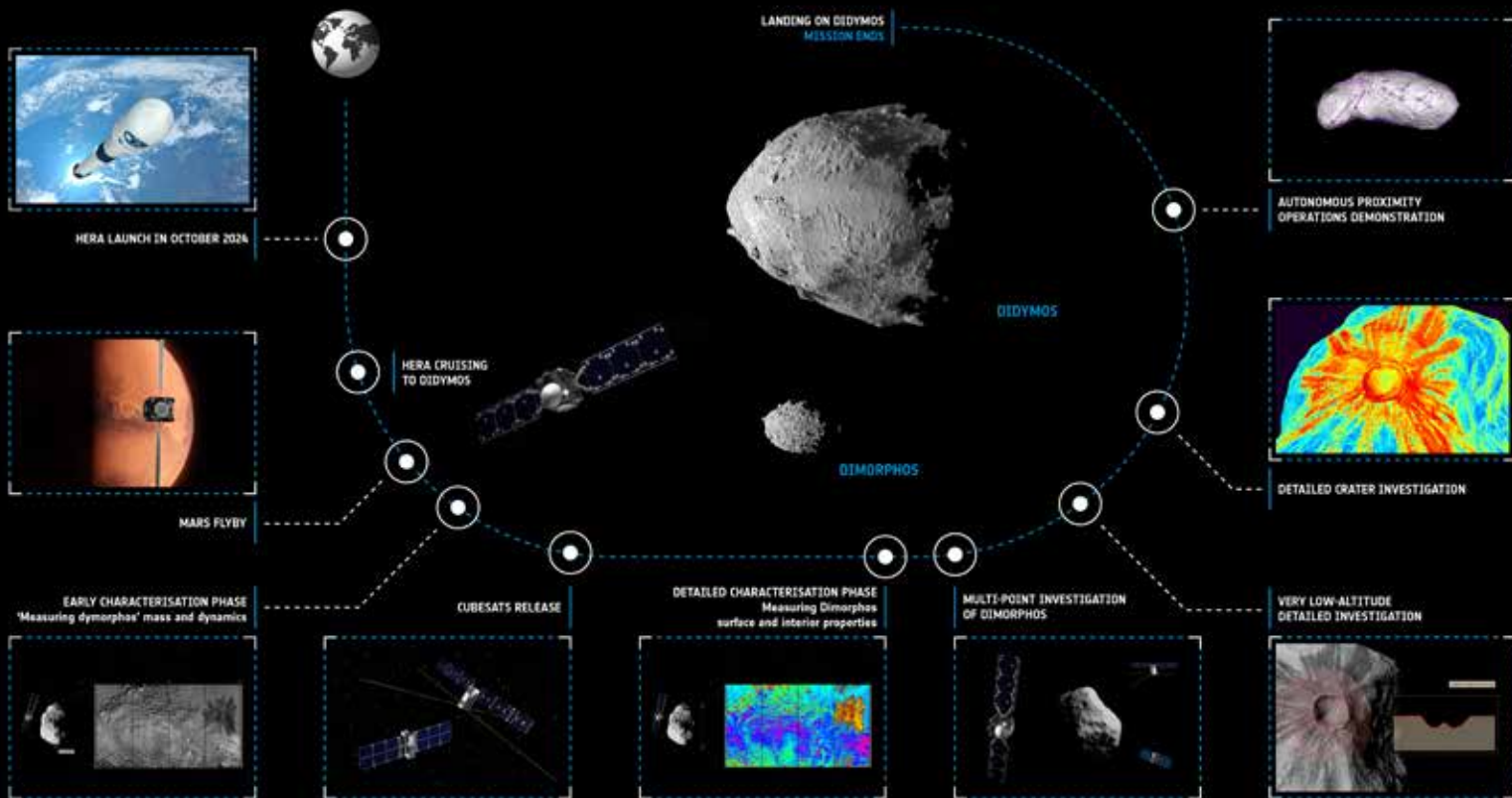
# Asteroidesonden Hera skutt opp

ESAs romsonde Hera er på vei til asteroidene Didymos og Dimorphos etter en vellykket Falcon 9-oppskyting fra Cape Canaveral den 7. oktober 2024.

Øyvind Guldbrandsen

← **FORMASJONSFLYGING:**

Illustrasjon av Hera og de to 6U kubesatellittene Juventas og Milani ved asteroidene Didymos og Dimorphos. Ankomst til asteroidene er forventet i midten av desember 2026.



↑ **INFORMATIVT:** Infografikk over ferden.

**D**imorphos går i bane rundt Didymos og er den som i september 2022 ble truffet av NASAs romsonde DART (Double Asteroid Redirection Test) med en hastighet på 6,6 km/s. Observasjoner med teleskoper på Jorden viser at kollisjonen reduserte Dimorphos omløpstid rundt Didymos med 33 minutter, eller med rundt 5 % av dens opprinnelige omløpstid. Kollisjonen spredte også materiale fra Dimorphos tusenvis av kilometer ut i rommet.

Oppgaven til Hera og dens to medbrakte 6U kube-satellitter blir å studere hvordan kollisjonen påvirket selve Dimorphos. Hera skal ankomme de to asteroidene i desember 2026 og deretter fly i formasjon med dem i minst et halvt år. I løpet av denne tiden vil man studere asteroidene fra alle bauger og kanter, selvsagt med særlig fokus på krateret som DART plantet på Dimorphos.

Det er mulig at man vil avslutte ferden med en såkalt

**«Hera skal ankomme de to asteroidene i desember 2026 og deretter fly i formasjon med dem i minst et halvt år.»**

myk krasjlanding på en av asteroidene, antakelig nær en av polene til Didymos. Didymos roterer ganske raskt og sonden ville eventuelt truffet overflaten med ganske høy hastighet nærmere ekvator. Ved å lande nær en av polene er det enklere å øke sjansen for at Hera vil fungere i hvert fall en liten stund etter landingen.

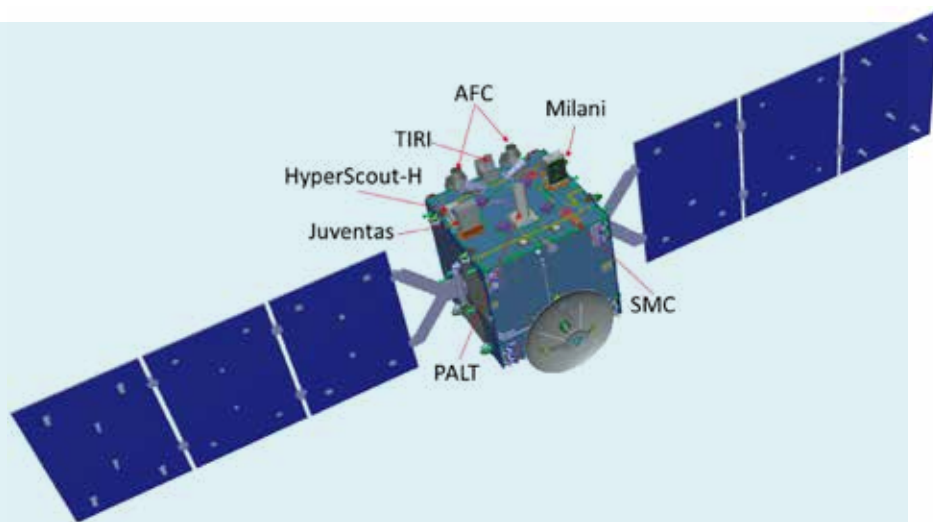
Hensikten med prosjektene Hera og DART er å undersøke i hvilken grad det er mulig å avverge fremtidige asteroidenedslag på Jorden, ved å sende romfartøy på kollisjonskurs mot dem i god tid før nedslaget. Håpet er at en slik kollisjon skal forandre banen tilstrekkelig til at asteroiden endrer kurs og bommer på Jorden. For å få til det må kollisjonen(e) helst skje flere år før det beregnede nedslaget.

Et vesentlig usikkerhetsmoment som man ønsker å få grep på, er hvordan asteroider er satt sammen. Tidligere var det gjengs antakelse at asteroider var kompakte steiner som kretset rundt Solen. Men praktisk talt alle små asteroider som faktisk er besøkt av romsonder, har vist seg å være mer å beskrive som grushauger, utallige små og store steinblokker veldig løst sammensatt av deres gjensidige gravitasjon. Det vil gi en annen dynamikk å deise inn i en slik haug, blant annet fordi mer av kollisjonsenergien vil gå bort til å slynge løsmateriale i alle himmelretninger.

## INSTRUMENTER

Hera og dens instrumenter. Hera har en oppskytingsmasse på 1128 kg. Uten drivstoff er massen 350 kg. Kroppen på sonden er omtrent 1,6 m langs sidene, vingespennet på solpanelene er 11,5 m.

- **Milani og Juventas:** To separerbare 6U-kubesatellitter. Utstyrt med henholdsvis støvdetektor og hyperspektralt kamera (Milani) og gravimeter og undergrunnsradar (Juventas). Kommuniserer med Jorden via Hera-modersonden.
- **SMC:** Spacecraft Monitoring Camera. Skal blant annet observere frakoblingen av kubesatellittene.
- **PALT:** Planetary Altimeter. Lidar-avstandsmåling til asteroideoverflatene. Rekkevidde 14 km.
- **HyperScout-H:** Hyperspectral Imager. Studerer overflatenes kjemiske komposisjon. 45 fargekanaler fra 400–1000 nm (fiolett til nær infrarødt).



- **TIRI:** Thermal InfraRed Imager. Termisk avbildning av overflatene, bølglengde 8-14 mikrometer.
- **AFC:** Asteroid Framing Camera. Kamera med 106 mm telelinse f/4,24, synsfelt 5,5×5,5 grader. Bilesensor på 1020×1020 pixler, lysfølsomt 420–85 nm (fiolett til nær infrarødt). Syv fargefiltre.

### Forbi Mars

I mars 2025 skal Hera passere planeten Mars for å få en gravitasjonsdytt på veien mot Didymos/Dimorphos. Sondens instrumenter skal da bli brukt til å gjøre vitenskapelige observasjoner av Deimos, som er den ytterste og minste av Mars' to måner. ESA planlegger å styre sonden bare 300 km unna Deimos.

Hera foretok to såkalte «deep space»-manøvre henholdsvis 23. oktober og 6. november. Sondens tre banejusteringsmotorer ble avfyrt i til sammen 113 minutter, som endret sondens hastighet med 159 m/s. Dette for å optimalisere forbiflyvningen av Mars. Noen flere, vesentlig mindre, banejusteringer skal gjennomføres på vei til Mars.

Mars-passeringen vil redusere reisetiden til Didymos/Dimorphos med flere måneder, men først og fremst redusere drivstofforbruket ved ankomsten, siden sonden vil ankomme asteroidene med lavere relativ hastighet.

**«Hensikten med prosjektene Hera og DART er å undersøke i hvilken grad det er mulig å avverge fremtidige asteroidenedslag på Jorden.»**

### Fra Ariane 6 til Falcon 9

Det var opprinnelig meningen å skyte opp Hera med Europas egen Ariane 6. Men i oktober 2022 innså ESA at Ariane 6-programmet var så langt bak skjema at man måtte se seg om etter en annen bærerakett. Siden ESA ikke hadde andre dugandes bæreraketter i inventaret, var det igjen SpaceX som ble redningen. Den første Ariane 6-oppskytingen fant for øvrig sted i juli 2024, den andre er i skrivende stund ventet å bli gjennomført tidligst i midten av februar 2025.

En stund var det også usikkert om det ville bli noen Falcon 9-oppskyting av Hera i dette oppskytingsvinduet. Etter den foregående Falcon 9-oppskytingen, av et Crew Dragon-romfartøy med Crew-9-besetningen til ISS den 28. september, fungerte ikke 2. trinnet helt som det skulle. Selve oppskytingen gikk som planlagt, men den rutinemessige oppbremsingen som skulle sende 2. trinnet ned til et destruktivt møte med atmosfæren over Stillehavet var svakere enn planlagt, og restene av trinnet falt ned bortenfor det forutbestemte området. Dermed bestemte FAA - de amerikanske luftfartsmyndighetene - at Falcon-rakettene skulle settes på bakken, for tredje gang siden sommeren, inntil man fant ut av problemet.

Falcon-bærerakettene hadde egentlig fortsatt flyforbud da Hera-oppskytingen fant sted den 7. oktober. Men SpaceX og ESA fikk dispensasjon for Hera, siden både nyttelasten og 2. trinnet skulle sendes ut av jordbane og inn i bane rundt Solen, hvor de ikke ville utgjøre noen risiko for noen på bakken.



↑ **HIMMELSK PARDANS:** Didymos (nederst til venstre) og Dimorphos fotografert fra DART. Størrelsene på asteroidene er henholdsvis om lag 780 og 170 meter. Dimorphos kretser rundt Didymos i en avstand av rundt 1150 meter. Dette er 37 meter mindre enn før DART kolliderte med Dimorphos den 26. september 2022. Før kollisjonen tok et omløp 11 timer og 55 minutter, som DART reduserte med 33 minutter og 15 sekunder.

↑ **GRUSHAUG:** Dimorphos, satt sammen av 10 bilder fotografert etter hvert som NASAs romsonde DART nærmet seg med full fart inntil det smalt i september 2022. Oppløsningen på bildet er best i midten, siden dette området ble fotografert fra kortest avstand.

Hadde man gått glipp av oppskytingsvinduet, som varte noen uker i oktober, måtte man ha ventet to år på neste mulighet.

Falcon 9-raketten måtte tynes til sitt ytterste for å akselerere Hera opp i unnsliplingshastighet. Det innebar at førstetrinnet ikke kunne ha med seg landingsben eller drivstoff til å myklende etter oppskytingen. Oppskytingen av Hera ble det aktuelle Falcon 9-førstetrinnets 23. og siste ferd.

At man sendte en såpass verdifull nyttelast som Hera av gårde med et Falcon-trinn som har vært brukt 22 ganger før, vitner om hvor stor tiltro man har fått til denne raketten.

I begynnelsen av oktober brygget det opp til storm, som snart skulle bli til kategori 4-, og deretter kategori 5-orkanen Milton utenfor Florida. Den 6. oktober, dagen før oppskytingen, viste værmeldingen bare 15 % sjanse for at det ville bli mulig å skyte opp Hera. Men den 7. oktober, før orkanen feide inn med full styrke, åpnet det seg utrolig nok en glippe i ruskeværet som allerede var kommet, akkurat i tide til å få skutt opp romsonden. ●



# New Glenn

Ragnar Thorbjørnsen

**N**ew Glenn er navnet på en bærerakett som utvikles av Blue Origin. Blue Origin ble grunnlagt av Jeff Bezos, som ble rik på å ha etablert Amazon. Blue Origin utviklet først New Shepard, en rakett som brukes til suborbitale ferder. Raketten er oppkalt etter Alan Shepard, USAs første romfarer.

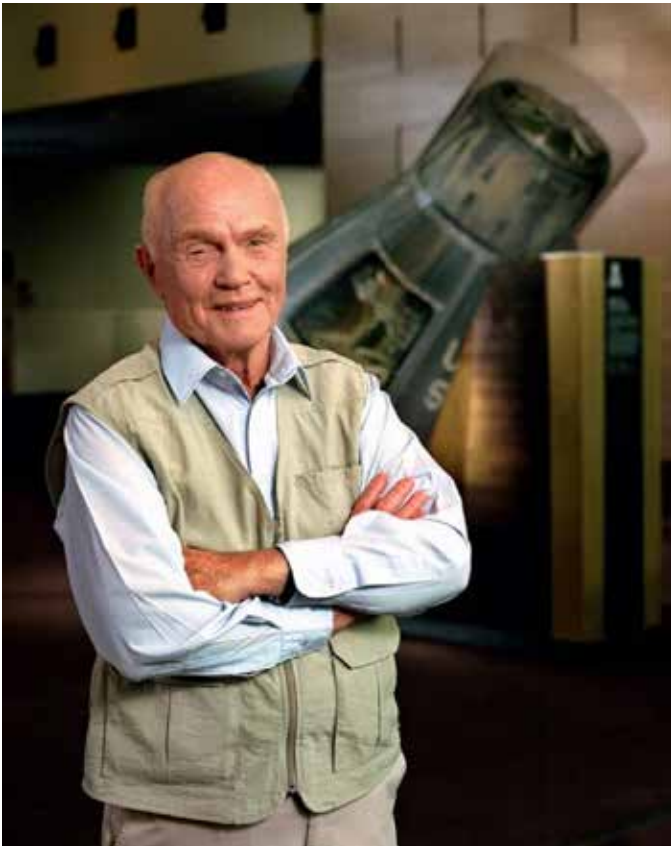
Alan Shepard ble skutt opp i et Mercury-romskip den 5. mai 1961, og gjennomførte en ballistisk ferd som varte i omtrent 15 minutter. Han ble senere valgt ut til å være med på Gemini 3, den første bemannede Gemini-ferden, men i 1964 fikk han diagnosen Ménières sykdom, en tilstand der væsketrykk bygger seg opp i det indre øret. Dette syndromet gir symptomer som desorientering, svimmelhet og kvalme. Han kunne dermed ikke være med på romferder, men fikk i stedet jobben som sjef for astronaut-kontoret. Han fikk tilbake statusen som aktiv astronaut etter en vellykket operasjon i 1969. Dermed fikk han anledning til å bli med på en månelanding, som kommandør på Apollo 14. Han ble dermed også den eneste Mercury-astronauten som deltok på en romferd i Apollo-programmet. Alan Shepard døde i 1998, 74 år gammel.

Da Blue Origin startet utvikling av en bærerakett som skulle brukes til å skyte romfartøy opp i bane, var det

naturlig å kalle opp raketten etter den første amerikanske romfareren som ble skutt opp i bane rundt Jorden. Den 20. februar 1962 gjennomførte John Glenn tre runder rundt Jorden i sitt Mercury-romskip. John Glenn sluttet i NASA etter denne romferden, og var således ikke aktuell for hverken Gemini- eller Apollo-programmet. Imidlertid fikk han, i en alder av 77 år, tilbud om å bli med på en ferd med romfergen. Således var han i 1998 med på STS-95 med romfergen Discovery. John Glenn døde i 2016, 95 år gammel.

Som en kuriositet må nevnes at det har vært spekulert i om Blue Origin også har planer om en enda større rakett, med tanke på å konkurrere med Super Heavy/Starship. Denne raketten skulle i så fall ha navnet New Arm-

**«Da Blue Origin startet utvikling av en bærerakett som skulle brukes til å skyte romfartøy opp i bane, var det naturlig å kalle opp raketten etter den første amerikanske romfareren som ble skutt opp i bane rundt Jorden.»**



↑ **ROMSKIPET:** John Glenn med Mercury-romskipet Friendship 7 i bakgrunnen. Romskipet har vært utstilt i luft- og romfartsmuseet i Washington D.C. siden 1963.



↑ **TIL ROMMET IGJEN:** John Glenn før romferge-ferden i 1998.

strong, oppkalt etter det første mennesket som satte sin fot på Månens overflate; Neil Armstrong. Imidlertid er det ingenting i dag som tyder på at Blue Origin har slike planer. Kanskje vil det vise seg at Blue Origin med New Glenn likevel vil kunne konkurrere med Super Heavy/Starship, spesielt med tanke på ferder til Månen og Mars. I første versjon av New Glenn er det bare førstetrinnet som skal være gjenbrukbart, men dermed blir andretrinnets antagelig bedre egnet for ferder videre ut i rommet enn hva som er tilfellet for Starship. Dette vil spesielt gjelde fordi det ikke vil være behov for etterfylling av drivstoff i jordbane før ferden går videre ut i rommet.

New Glenn er en kraftig bærerakett. Den kan frakte 45 000 kg til lav jordbane og 13 600 kg til geostasjonær bane. Første trinn har syv motorer som bruker metan og oksygen som drivstoff, mens andre trinn har to motorer som bruker hydrogen og oksygen som drivstoff. Raketts diameter er syv meter, og nyttelastdekselet er 22 meter langt. Det betyr at denne bæreraketten kan frakte veldig store nyttelaster opp i jordbane. Det gjør den også til en interessant bærerakett for det amerikanske forsvaret. Det som også er interessant er at den skal brukes til å frakte månelandere, både ubemannede og bemannede, til Månen. Riktignok skal den bemannede versjonen ikke være bemannet under oppskytingen, astronautene skal fremdeles reise til Månen med Orion.

Blue Origin fikk i 2022 kontrakt med NASA på å utvikle en månelander for bemannede landinger, som de kaller

**«Det som også er interessant er at New Glenn skal brukes til å frakte månelandere, både ubemannede og bemannede, til Månen.»**

for Blue Moon. Den skal etter planen benyttes for første gang på Artemis 5, som nå forventes å finne sted i mars 2030. Før den tid skal, fremdeles ifølge gjeldende planer, SpaceX levere månelander til månelandingene under Artemis 3 og Artemis 4. Blue Origin har således fått bedre tid enn SpaceX til å utvikle sin månelander. Men viktigere nå, er utviklingen av bæreraketten New Glenn. Som så mye annet er også denne utviklingen forsinket i forhold til opprinnelige planer. Denne høsten skulle imidlertid alt være klart for første oppskyting. NASA hadde til og med gått med på å bruke denne første oppskytingen til å få sendt to lavkost-sonder til Mars. Årets oppskytingsvindu var åpent i deler av oktober, men da NASA forstod at raketten muligens ikke ville bli klar i tide, valgte de å trekke disse sondene fra New Glenn. I skrivende stund, midten av november, er det dog fremdeles håp om at oppskytingen vil finne sted innen årets utløp. Private aktører, som SpaceX og Blue Origin, er tilbakeholdende når det gjelder åpenhet om kommende tester, og selv om oppskyting kan skje når som helst nå, så er ingen dato oppgitt. ●

### **Starship/Super Heavy-testferden**

Sammensatt bilde av Booster 12 som fanges av Mechazilla-armene på SpaceX' oppskytingstårn ved Starbase i Boca Chica, Texas. Booster 12 er betegnelsen på det 70 meter lange og 9 meter vide Super Heavy-trinnet som ble brukt til å sende Ship 30 halve Jorden rundt på den femte integrerte Starship/Super Heavy-testferden, som fant sted den 13. oktober 2024.

Dette var første gang man forsøkte å fange Super Heavy med Mechazilla-armene, og til alt overmål var forsøket vellykket. Å beherske fanging av både Super Heavy og av Starship, sistnevnte skal man forsøke i 2025, er to av flere kompliserte, men essensielle momenter i det ambisiøse Starship-programmet.

Du kan lese mer om denne femte, samt den sjette testferden, i bladet. Den sjette ferden fant sted den 19. november.

