

2024-1

ROMFART

www.facebook.com/romfart

www.romfart.no

Den vanskelige
månen



**Dream
Chaser**

Slutt for
Ingenuity

Problemer for
Voyager 1

INNHold

Leder

Månelanding

Den 20. juli 1969 var det «That's one small step for a man, one giant leap for mankind». Den 22. februar 2024 var det «One giant leap for the privat sector» da månelanderer Nova-C med navnet Odysseus fra selskapet Intuitive Machines – IM-1, lyktes med å lande på Månen, nesten 52 år etter Apollo 17. Denne gangen var målet Månens sydpol-region. Dette som en del av Commercial Lunar Payload Services (CLPS) for Artemis-programmet. Ulempen med Odysseus var at den hadde for stor fart da den landet, noe som var med på å tippe den over ende, men både NASA og Intuitive Machines betrakter ferden som «a success as mission winds down».

Ingenuity

Fra antatt å kunne fungere i 30 dager til nesten tre år med 72 ferder i bagasjen, ble det slutt for Mars-helikopteret Ingenuity den 18. januar. Den siste ferden varte i 32 sekunder, noe som skyldtes terrenget der rotorbladet traff bakken, og brakk – et terreng den ikke var laget for.

CST-100 Starliner

Offisielt håper Boeing/NASA at den første bemannede testferden, Crew Flight Test, med CST-100 Starliner til Den internasjonale romstasjonen (ISS) vil kunne finne sted i april – etter mange års forsinkelser.

SpaceX

Den kommende ferden med Starship/Super Heavy var antatt å skulle skje i februar, men en ny oppskyting er nå sannsynlig satt til en gang i mars. FAA annonserte i slutten av februar at de har avsluttet undersøkelsen av ferden IFT-2 fra november 2023, og åpner dermed opp for IFT-3 (IFT - Integrated Flight Test).

NASA

Året 2024 for amerikanske månelandere: Denne gangen sammen med nye samarbeidspartnere. Det skal plukkes ut fjorten selskaper som får lov til å være med i konkurransen, og hittil er åtte av dem utpekt. Mange av disse selskapene betraktes av NASA som helt nye selskaper. I stedet for å velge de vanlige aerospace-gigantene, velges selskaper som skal reflektere et initiativ for nye tanker.

ESA

ESA har også sine høydepunkter i 2024. Det dreier seg hovedsakelig om den autonome europeiske tilgangen til rommet gjennom innvielsesferdene til bæreraketene Ariane 6 og Vega-C. Galileo-konstellasjonen får fire nye satellitter sendt opp av SpaceX før Ariane 6 blir klar.

Listen er lang, men for både ESA og NASA er det stor aktivitet i 2024.

Per Arne Marthinsen



Utgiver:

Norsk Astronautisk Forening
Postboks 52 Blindern, 0313 Oslo

Årgang:

54
Nr. 210 (Nr. 2024–1)

Redaksjon:

Redaksjonskomité: Øyvind Gulbrandsen,
Jan Petter Løberg, Ragnar Thorbjørnsen
Redaksjonsmedarbeidere: Per Arne Marthinsen,
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:

505

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.



Forsiden

Jorden og deler av månesonden Odysseus, fotografert under IM-1-ferden til Månen den 15. februar 2024, like etter at romsonden var frakoblet Falcon 9-bæreraketten andretrinn, som hadde sendt fartøyet i retning Månen. Bildet er tatt gjennom fish-eye objektiv, som gir en forvrenging av perspektivet. Australia dominerer jordskiven. Odysseus myklandet på Månen 22. februar, det første amerikanske romfartøyet som fikk til det siden Apollo 17 i 1972. I bladet finner du nærmere omtale av IM-1 og de to andre månelandingsferdene som er forsøkt gjennomført i 2024.



Aktuelt

Romferder i 2024 – et utvalg	4
------------------------------	----------



Bemannet romfart

Ax-3: Første hel-europeiske ferd i rommet	8
Astronautenes helse: Nye utfordringer ved lange romferder	12
Asiatiske astronauter: Del 2: Saudi-Arabia og Tyrkia	14
Indias astronauter er endelig navngitt	18
Artemis-programmet i 2024	20



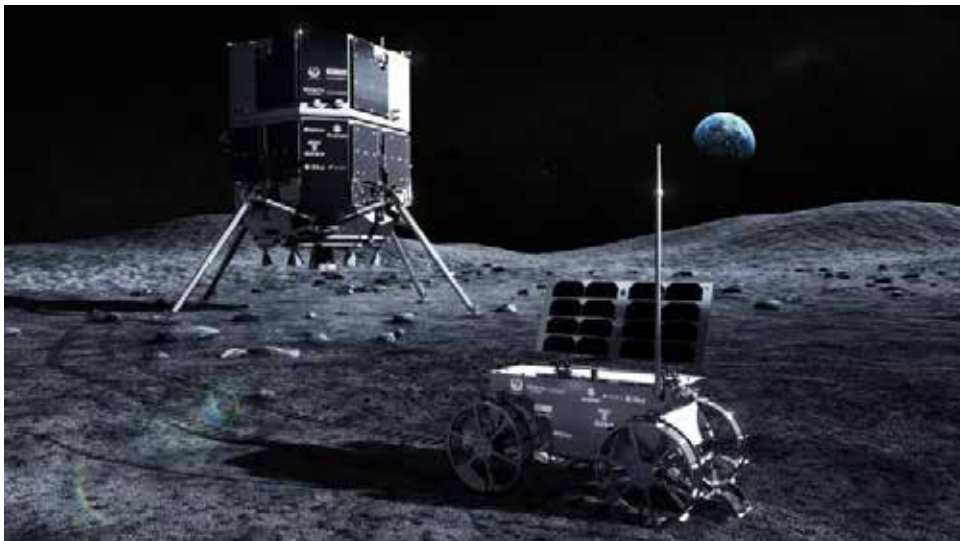
Ubemannet romfart

Den vanskelige månen	23
Slutt for Ingenuity	28
Juno med nærpaseringer av Io	30
Første vellykkede H3-oppskyting	32
Dream Chaser – del 1: Det første kommersielle romflyet	34
Hva skjer med Voyager 1?	38

Romferder i 2024

– et utvalg

Jan Petter Løberg



↑ **RESILIENCE:** Det japanske selskapet iSpace skal sende romsonden Resilience og et selvgående kjøretøy til Månen.

2024 vil bli et hektisk år for romfart, og vi kan i utgangspunktet oppleve like mange oppskytinger som i 2023. Fjoråret resulterte i 212 mot 135 i 2022. Det er interessant å se tilbake på hyppigheten av prosjekter med forskjellige mål som forlot oppskytingsrampene.

I 2023 opplevde vi oppskytingen av romsonden JUICE i regi av ESA. Den vil ankomme Jupiter om åtte år, og skal gjøre observasjoner av planeten i tillegg til de tre månene Ganymedes, Callisto og Europa. ESA sendte også opp romteleskopet EUCLID, som skal kartlegge milliarder av galakser i tillegg til å finne ut mer om mørk materie og mørk energi.

NASA fikk endelig sendt opp romsonden Psyche til asteroiden med samme navn. 16 Psyche er en meget metallrik asteroide som befinner seg i det såkalte hovedbeltet mellom Mars og Jupiter. Romsonden skal etter planen ankomme Psyche i august 2029 og begynne studiet av asteroiden.

I september i fjor droppet romsonden OSIRIS-Rex en metallkapsel i Utah med prøver som var tatt fra asteroiden Bennu. Romsonden landet ikke, men fortsatte til et nytt oppdrag hvor målet er asteroiden Apophis. Forskerne håper at de returnerte prøvene vil kunne gi svar på om asteroider som kolliderte med Jorden milliarder av år tilbake, brakte med seg vann og andre ingredienser for liv.

India lyktes med å utføre en myklending på Månen med sitt romfartøy Chandrayaan 3. Derimot opplevde Japan at signalene fra månelandingsfartøyet Hakuto R forsvant rett før landing i Atlaskrateret på Månens overflate. Hakuto R var bygget av det japanske selskapet iSpace og var et kommersielt prosjekt.

Mislykket var også Russlands forsøk på å lande romsonden Luna 25. Det var Russlands første romsonde til Månen på over 50 år, og landingen var planlagt å skulle skje ved Månens sydpol.

Nesten halvparten av oppskytingene i

2023 var SpaceX Falcon 9. Flesteparten av disse var utsetting av Starlink satellitter. Det begynner å bli ganske tett med objekter i bane rundt Jorden, og planlagte oppskytinger i inneværende år vil bidra til en kraftig økning.

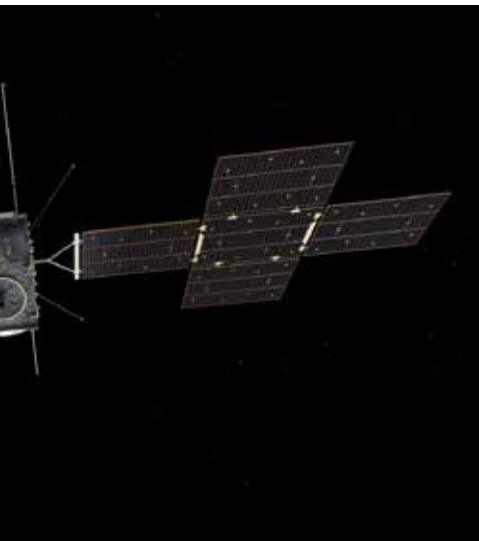
Planlagt aktivitet i 2024

Bemannet romfart

I utgangspunktet ville høydepunktet i 2024 være den forestående oppskytingen av Artemis 2. Fire astronauter skulle gjennomføre en ferd til Månen med en varighet på åtte dager. Planen var å passere rundt Månen for deretter å returnere til Jorden. Artemis 2 ville dermed være den første bemannede romferden utenfor lav jordbane siden Apollo 17 i 1972.

Imidlertid er den planlagte oppskytingen utsatt til tidligst september 2025. En av årsakene er uventede erosjonsproblemer med varmeskjoldet til Orion-kapselen

«Romsonden Europa Clipper vil være et av høydepunktene i romfartsåret 2024.»



↑ **JUICE:** Romsonden JUICE som er på vei til Jupiter.



↑ **XUNTIAN:** Det kinesiske romteleskopet Xuntian.

som ble oppdaget etter retur av den ubemannede ferden med Artemis 1. Et annet problem, oppdaget under en kontrollsjekk av Artemis 3, innebærer problemer med komponenter som er oppdaget i romkapselens «Life support» system, som er plassert i Orions service-modul. Konkret gjelder det feil i ventilasjonssystemet som naturlig nok spiller en vesentlig rolle i romskipet og blant annet fjerner CO₂. For å ivareta sikkerheten har NASA valgt å bygge om de elektroniske komponentene som er årsaken til problemene også i service-modulen på Artemis 2, selv om de tidligere har bestått alle kontrolltester.

Hva gjelder varmeskjoldet har NASA kommet langt på vei til å løse problemene som oppsto med Artemis 1. Den mer kompliserte elektronikken med ventilasjonssystemet er det behov for mer inngående testing av, og ingeniørene ønsker å bruke mer tid på å finne patente løsninger før de gir klarsignal for oppskyting.

Ubemannet romfart

Romsonden Europa Clipper skal etter planen skytes opp den 10. oktober med en SpaceX Falcon Heavy, og vil være et av høydepunktene i romfartsåret 2024. Romsonden skal etter planen komme frem til Jupiter i april 2030, og vil gå inn i en bane rundt planeten. Selv om oppskytingen skjer mer enn ett år etter ESAs JUICE, vil Europa Clipper ankomme først på grunn av en annen og raskere bane.

Hovedmålet med prosjektet er å finne ut om det kan være betingelser for liv under overflaten på månen Europa.

Kommersielle prosjekter til Månen

NASA samarbeider med flere amerikanske firmaer som skal levere teknologi til Månens overflate gjennom sitt Commercial Lunar Payload Service (CLPS) program. Dette er prosjekter som skal utføre forskning på Månens overflate, og fremskaffe viktig informasjon for fremtidige bemannede ekspedisjoner.

Astrobot Technology

Men ikke alt går etter planen med landing av ubemannede landingsfartøyer på Månen. Peregrine, som er utviklet av firmaet Astrobot Technology, ble skutt opp den 8. januar med en Vulcan-Cantaur raket, og skulle etter planen lande den 23. februar, nær Månens sydpol ved Sinus Viscositas, som er et lavaområde i Mare Imbrium.

Imidlertid oppdaget bakkekontrollen tidlig at månesonden ikke klarte å orientere solpanelene i retning Solen. Etter at ingeniørene omsider klarte å innstille solpanelene, ble det oppdaget at Peregrine hadde en drivstofflekkasje. Etter flere forsøk på allikevel å fortsette ferden måtte Astrobot Technology innrømme at den dessverre ikke kunne gjennomføres. Peregrine brant til slutt opp i Jordens atmosfære.

Astrobot Technology skal også etter planen sende opp månelanderer Griffin i november i år. Målet er et område nær Månens sydpol. Med seg har Griffin →



↑ **GAGANYAAN:** Romkapselen Gaganyaan som India skal teste i inneværende år.

→ **ODYSSEUS:** Intuitive Machines' månelander Odysseus.

roveren Viper, som skal operere ved kraterer som ligger i permanent skygge, og lete etter mulige forekomster av vannis. Vannis vil være en viktig forekomst for fremtidige opphold av astronauter på Månen. En artikkel om VIPER er tidligere publisert i Romfart nr. 1/2023.

Intuitive Machines sendte etter planen sin NOVA-C lander med navn Odysseus til Månen den 15. februar i år ved hjelp av en SpaceX Falcon 9 bærerakett. Dette prosjektet har betegnelsen IM-1, og skal inneholde seks instrumentpakker for NASA. Målet er Månens sydpolregion. I skrivende stund ser det ut til at landingen var vellykket og kommunikasjon med Odysseus er opprettet. Hvis alt går etter planen videre, skal prosjekt IM-2 og muligens IM-3 følge

«NASA samarbeider med flere amerikanske firmaer som skal levere teknologi til Månens overflate.»

etter i løpet av året.

Firefly Aerospace skal i løpet av året teste sin månelander Blue Ghost. Landeren skal bringe med seg 10 instrumentpakker for NASA. Landingsområdet vil være i området rundt Månens sydpol. Eksakt posisjon er foreløpig ikke annonsert.

Kina

Kina er allerede etablert på Månen, og har en velutviklet teknologi som i 2020 resulterte i myklanding av romsonden Chang'e 5 som samlet inn månestein som ble returnert til Jorden. Landet har planer om å sende en kommunikasjonssatellitt, Queqiao 2, til Månen i mars i år. Satellitten skal kretse rundt Månen i en lang ellipsebane, og fungere som et kommunikasjonsledd mellom bakkestasjonen på Jorden og den forestående månelanderen Chang'e 6. Landeren har en planlagt oppskyting i mai. Den skal lande på Månens bakside, og samle inn prøver som skal returneres til Jorden. Pakistans første månesatellitt Ice-CubeQ skal forøvrig skytes opp sammen med Queqiao 2.

Senere i år skal Kina sende opp et romteleskop, Xuntian, som består av et

speil i størrelsesorden 2 meter i diameter. Romteleskopet skal undersøke rommet i synlig lys, men skal også foreta observasjoner i infrarøde og ultraviolette områder. Et interessant aspekt er at romteleskopet skal plasseres i nærheten av romstasjonen Tiangong. Intensjonen er at romteleskopet skal kunne kobles til romstasjonen for oppgradering og vedlikehold.

Japan

Det japanske selskapet iSpace vil gjøre et nytt forsøk på en myklanding på Månen med Hakuto-R Mission 2. Planen er at romsonden skal skytes opp sent i inneværende år. Denne gang skal selskapets Resilience månelander inngå i prosjektet, i tillegg til et lite selvgående kjøretøy. Dette blir oppfølgeren til Hakuto-R Mission 1 som krasjlandet 25. april i fjor.

Interplanetariske prosjekter

NASA skyter opp to små romsonder til Mars, som har til oppgave å forske på planetens magnetosfære og hvordan den påvirkes av solvind. De kalles Escapade, Escape and Plasma Acceleration and





↑ **GRIFFIN:** Astrobotics månelander Griffin som skal bringe kjøretøyet Viper til Månen.

Dynamics Explorers. Oppskyting skal ifølge NASA skje i oktober. Dette vil være den første interplanetariske oppskytingen til firmaet Rocket Lab.

India

Den indiske romfartsorganisasjonen (ISRO) skal etter planen teste sitt romskip (Gaganyaan) tidlig i 2024. Hvis denne ubemannede testen blir vellykket, er det intensjonen til India å gjennomføre en bemannet ferd i løpet av året. India vil dermed bli den fjerde nasjonen som sender astronauter opp i rommet.

ESA

I juni har ESA planlagt å skyte opp den nye bæreraketen Ariane 6, som skal benyttes i flere ESA-prosjekter i fremtiden. Konkrete planer foreligger, blant annet for oppskyting av romsonden PLATO, som har til oppgave å finne og undersøke fjerne solsystemer med vekt på planeter i beboelig sone fra sin stjerne. I tillegg er det planen å benytte Ariane 6 i prosjektet Earth Return Orbiter, som skal hente prøver fra Mars og prosjekt Comet Interceptor, tidligere omtalt i Romfart nr. 3/2023.

I oktober skyter ESA opp romsonden HERA. I september 2022 krasjet NASAs romsonde Dart med en liten måne Dimorphos, som kretser rundt asteroiden Didymos. HERA skal sendes til den lille månen for å undersøke effektene av krasjet på nært hold. Underveis planlegges det for forbiflyvning av andre asteroider, men det foreligger ennå ikke flere konkrete opplysninger om dette.

Interessant er det at firmaet Rocket Factory Ausburd i Tyskland planlegger å skyte opp raketten RFA ONE på en jomfrutur i sommer fra SaxaVord Spaceport på Shetland. Om bord skal den ha med seg en cube satellitt utviklet i Ukraina. Denne er en del av det såkalte Lunar Research Service programmet. Ukrainas bidrag vil sendes ut i en solsynkron bane for å teste ut teknologi for senere måneferder.

Andre hendelser i 2024

I tillegg til nye oppskytinger i inneværende år vil det være aktuelt å følge med på eksisterende romprosjekter.

Romsonden Juno foretok en nær forbiflyvning av Jupiters måne Io den

«ESA har planlagt å skyte opp den nye bæreraketen Ariane 6.»

3. februar, i en avstand av kun 1550 kilometer. NASA har forlenget prosjektet til september 2025, og i tiden fremover vil romfartsorganisasjonen ta flere risikoer med romsonden, i håp om å oppnå ytterligere vitenskapelige resultater. Blant annet vil NASA sende Juno nærmere Jupiter og planetens kraftige strålingsfelter.

Romsonden JUICE, som ble skutt opp i fjor, vil passere Jorden på vei til Jupiter, og vil 23. august i år benytte en kombinasjon av Månens og Jordens gravitasjon for å øke hastigheten på vei til planeten. JUICE vil passere kun 750 kilometer fra måneoverflaten og 6800 kilometer fra Jordens overflate.

Romsonden Lucy vil utføre sin andre forbiflyvning av Jorden i desember, på vei til asteroidebeltet mellom Mars og Jupiter. ●

Ax-3: Første hel-europeiske ferd i rommet

Per Olav Sanner

Det amerikanske selskapet Axiom Space organiserte i begynnelsen av 2024 den tredje kommersielle ferden til Den internasjonale romstasjonen ISS. Axiom Mission 3, eller Ax-3, ble i liket med Ax-1 i april 2022 og Ax-2 i mai 2023 fløyet med et Crew Dragon-fartøy fra SpaceX, og hadde fire personer om bord. Men det spesielle ved Ax-3 var at den ble omtalt som den første hel-europeiske romferden. Og spesielt interessant for oss her i Norge var at den svensk-norske ESA-astronauten Marcus Wandt deltok. For første gang har en person med norsk statsborgerskap vært i verdensrommet.

Axiom Space har som mål «å gjøre livet på Jorden bedre og skape muligheter utenfor den ved å bygge og drive verdens første kommersielle romstasjon». Første del av Axiom Station skal sendes opp i rommet og kobles til ISS i slutten av 2026. Flere moduler vil følge de neste årene. Planen er at Axiom Station skal kobles fra ISS og fortsette som en separat, kommersiell romstasjon når sistnevnte tas ut av tjeneste etter 2030. (En nærmere beskrivelse av Axiom kan leses i Romfart nr. 2/2023).

Axiom flyr i mellomtiden én til to korttidsferder i året til ISS for betalende kunder. Kundene kan være alt fra privatpersoner eller firmaer til forskningsorganisasjoner eller land. Hver av de tidlige ferdene ledes av en Axiom-ansatt som tidligere har jobbet som astronaut for NASA og har erfaring fra ISS.

Europeere fra tre kontinenter

Selskapet som organiserer Ax-3-ferden (Axiom), selskapet som står for transporten (SpaceX) og romorganisasjonen som bekoster mesteparten av ISS (NASA) er alle amerikanske. Hvordan kan man da kalle Ax-3 for en hel-europeisk ferd? Svaret ligger i besetningens sammensetning, og kanskje litt velvilje.

Fartøysjef for Ax-3 er *Michael López-Alegría* (f. 1958), tidligere NASA-astronaut og nåværende Axiom-ansatt. López-Alegría er både amerikansk og spansk statsborger, ble født i Madrid og snakker blant annet flytende spansk. Han har en mastergrad i flyteknikk fra US Naval Post-



↑ **EMBLEM:** Ferdemblemet til Ax-3. Tallene 100 og 500 markerer at republikken Tyrkia og det italienske flyvåpenet fylte 100 år i 2023, mens Sverige feiret 500 år som selvstendig nasjon. Foto: Axiom Space

graduate School. Han har utdanning som pilot og senere testpilot i US Navy, hvor han fløy signaletterretningsflyet EP-3E Orion. Ax-3 er hans sjette romferd totalt og den femte til ISS. Et av ISS-besøkene var en langtidsferd der han hadde kommandoen om bord. Han er den første til å fly to ganger med et Crew Dragon-fartøy ettersom han også ledet Ax-1. Han jobbet for NASA fra 1992 til 2012 og for Axiom fra 2017.

Pilot er *Walter Villadei* (f. 1974), oberst i det italienske flyvåpenet. Villadei har en mastergrad i fly- og romteknikk fra Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia og spesialisering i astronautikk fra Universitetet i Roma. Blant flytypene han har erfaring med er jagerbombere Eurofighter Typhoon.

Italias flyvåpen har i mange år hatt interesse for rommet, inkludert bemannet virksomhet. Villadei ble allerede i 2008 valgt ut til å gjennomgå opplæring som kosmonaut. Dette skjedde i Russland i flere omganger frem til 2018. Han ble kvalifisert som ferdingeniør på Sojuz-fartøyet og den russiske delen av ISS. Blant annet fikk han trening i å foreta romvandring. Det ble aldri noe av en påtenkt ferd med Sojuz til ISS, men Villadei fortsatte å arbeide med bemannet romvirksomhet.

De senere årene har han tilbrakt mye tid i USA for å bidra til utvikling av flyvåpenets samarbeid med kommersielle aktører som Axiom og Virgin Galactic. Han fikk grundig opplæring hos Axiom gjennom en avtale med flyvåpenet i 2022, og han fungerte som reservepilot for Ax-2.

29. juni 2023 deltok han sammen med to italienske forskere på den kommersielle, ballistiske ferden Galactic-01. Den ble fløyet med SpaceShip2 fra selskapet Virgin Galactic base i New Mexico. Avtale om denne ferden ble inngått alt i 2021, men av tekniske årsaker ble den flere ganger forsinket fra påtenkt start i oktober 2021. Banehøyden var så vidt over 85 km, men de få minuttene med vektløshet var tilstrekkelige til å utføre flere vitenskapelige eksperimenter, hvorav noen skulle videreføres under Ax-3.



↑ **INTERNASJONAL:** Den internasjonale romstasjonen bærer navnet med rette. Åtte (ni) nasjoner er representert under velkomstsereemonien. Fra venstre: Michael López-Alegría (USA/ Spania), Satoshi Furukawa (Japan), Marcus Wandt (Sverige (og Norge)), Loral O'Hara (USA), Andreas Mogensen (Danmark), Nikolaj Tsjub (Russland (bak)), Alper Gezeravcı (Tyrkia (foran)), Oleg Kononenko (Russland), Walter Villadei (Italia), Jasmin Moghbeli (USA) og Konstantin Borisov (Russland). Foto: NASA

Alper Gezeravcı (f. 1979) er ferdspesialist og representerer den tyrkiske romorganisasjonen Türkiye Uzay Ajansı (TUA). Gezeravcıs bakgrunn og Tyrkias satsing på bemannet romvirksomhet er nærmere beskrevet i en artikkel om asiatiske astronauter et annet sted i dette bladet, og gjentas derfor ikke her. Noen forbinder kanskje Tyrkia mest med Asia, men landet er geografisk sett også del av Europa. Tyrkia har på mange områder minst like sterke bånd til Europa som til Asia.

Marcus Wandt (f. 1980) er også ferdspesialist. Han representerer både Sverige ved den statlige Rymdstyrelsen og den europeiske romorganisasjonen ESA. Han er opprinnelig svensk statsborger, men moren Anne-Thorin Wandt Lynne er norsk, og Wandt fikk også innvilget norsk statsborgerskap for noen få år siden.

Som barn gikk han på skole i Sverige og bodde hos faren, men han og broren besøkte nesten månedlig moren på Raufoss/Gjøvik og tilbrakte mange ferier i Norge. Denne tilknytningen til Norge var bakgrunnen for at han søkte statsborgerskap.

Da Wandt ble medlem av ESAs astronautreserve i november 2022, var det som representant for Sverige. Men i et intervju med artikkelforfatteren 28. februar 2024 fortalte Anne-Thorin Wandt Lynne at ESAs generaldirektør Josef Aschbacher var oppmerksom på det norske statsborgerskapet og ymtet frempå om at Wandt kanskje kunne representere begge nasjoner i astronautkorpset. Når Norge likevel ikke nevnes i forbindelse med Ax-3, henger det sammen med at Wandts deltakelse ble initiert og finansiert av svenske myndigheter, mens norske myndigheter ikke hadde noen rolle.

Wandts bakgrunn som fallskjermjeger, pilot og testpilot i det svenske flyvåpenet – og senere sjefstestpilot hos SAAB – er nærmere beskrevet i artikkelforfatterens intervju med ham i Romfart nr. 3/2023. Men det fortjener



↑ **KAMERATSKAP:** Ax-3-astronautene Marcus Wandt, Michael López-Alegría, Alper Gezeravcı og Walter Villadei i et muntert øyeblikk om bord i ISS. Foto: Axiom Space

å påpekes her at Wandt har satt europeisk rekord i ferdforberedelser ettersom det gikk bare 14 måneder fra han ble tatt ut som astronaut til han fløy i rommet. (Til sammenligning tok det 14 år fra ansettelse til første ferd for Sveriges forrige astronaut, Christer Fuglesang.) Forberedelsene til Ax-3 startet i april/mai 2023, så det er ingen tvil om at Wandt har hatt det ekstremt travelt det siste året.

At Wandt så raskt skulle få mulighet til å fly i rommet, har flere årsaker. 16. januar 2024, under besetningens pressekonferanse før ferden, sa han litt om dette. For det første åpner Axioms rolle som organisator av og SpaceX' rolle som tilbyder av korttidsferder til ISS nye muligheter for personer, organisasjoner og land som ikke ellers ville hatt mulighet til å delta. For det andre var svenske myndigheter svært handlekraftige da muligheten for å delta på Ax-3 ble kjent for dem vinteren 2022-2023.

For det tredje var ESA svært interessert i å demonstrere at det kan være mulig å utføre forskning og prøve ut ny teknologi også på kortere ferder der besetningsmedlemene kanskje bare har noen måneder å forberede seg på. Vanligvis flyr ESAs astronauter seks måneder lange ferder på ISS etter flere år med trening på bakken. Ved å supplere lange ferder som krever omfattende, generelle forberedelser med korte ferder med spesialisert opplæring, vil ESAs astronauter kunne fly langt oftere enn tidligere.

Oppskyting

Ax-3 med Crew Dragon-fartøyet *Freedom* ble skutt opp fra oppskytingsrampe 39A ved Kennedy-romsenteret 18. januar 2024 kl. 22.49 norsk tid. Oppskytingen syntes å være ren rutine, bortsett fra én ting: Undertegnede har fulgt samtlige bemannede SpaceX-oppskytinger direkte, men har aldri sett noen annen astronaut vise så utslørt glede og entusiasme som Wandt gjorde, hele veien fra bakken til jordbane!

Freedom koblet seg til ISS 20. januar, rundt 36 timer etter start. Først gjennom luken mellom *Freedom* og ISS kom Gezeravcı og Wandt, arm i arm, fulgt av Villadei og deretter López-Alegría. De ble tatt godt imot av ISS-besetningen, under ledelse av den danske ESA-astro- →



↑ Marcus Wandt styrer tre roboter på Jorden fra den europeiske forskningsmodulen Columbus på ISS i forbindelse med teknologidemonstrasjonen Surface Avatar. Foto: Andreas Mogensen/ESA

nauten Andreas Mogensen. For første gang var to skandinaver i rommet samtidig. Det var i det hele tatt riktig så internasjonalt under velkomsteremonien ettersom de til sammen elleve astronautene representerte hele åtte ulike land. (Ni, hvis vi tillater oss å regne med Norge.)

Tettpakket program

Ax-3-besetningen fikk unne seg en relativt lett første arbeidsdag 21. januar, men deretter arbeidet de på høygir frem mot den opprinnelig planlagte landingen 3. februar. 54 forskningsaktiviteter (både eksperimenter og teknologidemonstrasjoner) var planlagt under hele ferden, hvorav 39 under oppholdet på ISS.

Av disse hadde Italia planlagt 15, Tyrkia åtte og Sverige/ESA 13. I tillegg skulle det utføres arbeid for flere Axiomklienter, både kommersielle firmaer og forskningsinstitusjoner. Forskningsaktivitetene var konsentrert om livsvitenskap/fysiologi, fysikk, jordressurser og teknologidemonstrasjoner.

Italia:

- AstrNauts
- βeta-Amyloid Aggregation Update
- EMSi Muscle Monitoring Suit
- Evaluation of Endothelial Function in Personnel Exposed to Microgravity During Orbital Flight Activity
- Italian Space Operation Centre (ISOC) Services for ISS
- Light Ion Detector for ALTEA, Anomalous Long-Term Effects on Astronauts (LIDAL)
- Mental Economy
- NUT
- Ovarian Research in Microgravity Conditions (ORION)
- Radiation Shielding Textiles
- Ready Pasta Heat and Taste in Microgravity
- Remote Monitoring of the Health Status of Astronauts
- Protection Mediated by Antioxidant Nanotechnology Against Neuronal Damage in Space II (Prometeo II)
- Smart Flight Suit 2 (SFS2)
- User Experience Diary on Food Consumption in Space



↑ Crew Dragon-fartøyet Freedom i Atlanterhavet etter landing. Småbåtene i bakgrunnen er bemannet av SpaceX-ansatte som skal gjøre kapselen klar til å løftes ut av vannet. Foto: SpaceX

Tyrkia:

- Extremophyte Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR)
- Innovative Research on Novel Space Alloys (UYNA)
- Microgravity Effects on Metal Particles' Dynamics in Fluids (gMETAL)
- MESSAGE (Microgravity Associated Genetics Research Group)
- Metabolom
- Pranet Algal
- Uzman
- Vokalkord

Sverige/ESA:

- The Analyzing Interferometer for Ambient Air-2 (ANITA-2)
- Bone Health
- Brain-DTI
- Cardio Deconditioning
- Crew Interactive Mobile Companion (CIMON)
- Effects of Prolonged Spaceflight on DNA Methylation Age (DNAmAge)
- MemoBC
- Multi-Avatar and Robots Collaborating with Intuitive Interface (Surface Avatar)
- Orbital Architecture
- Plasma Kristall-4 (PK-4)
- Sleep in Orbit
- Thor-Davis
- Virtual Reality-on-Board Training (VR OBT-2)

Det er ikke plass til å omtale samtlige aktiviteter her, men Axiom Space har på sitt nettsted en god oversikt med beskrivelser som interesserte anbefales å se nærmere på.

Ax-3-besetningen deltok i tillegg i 28 aktiviteter som involverte skoleelever, studenter, interesseorganisasjoner, offentlige representanter eller media. Wandt ble blant annet intervjuet av Sveriges Television og Aftenbladet.

Astronautene fullførte det planlagte programmet innen den opprinnelige datoen for avslutning av ferden.



↑ En fornøyd Marcus Wandt etter endt ferd. Foto: SpaceX



↑ Ikke mange har denne utsikten fra kontoret. Foto: Marcus Wandt/ESA

Dette viser at Axiom Space har brukt erfaringene fra tidligere ferder til å forbedre treningsopplegget for deltakerne og lage mer realistiske arbeidsplaner.

På Ax-1 var det full fart allerede fra første dag på ISS, og de tre deltakende privatpersonene begynte fort å henge etter timeplanen. Man tok rett og slett ikke tilstrekkelig høyde for at alle trenger litt tid til å venne seg til å være i rommet, ikke minst når man ikke har like solid treningsgrunnlag som erfarne yrkesastronauter. Programmet ble likevel stort sett fullført, takket være god hjelp fra ISS-besetningen og noen dagers utsettelse av landingen på grunn av dårlig vær i landingsområdet.

De tre «kundene» på Ax-3 fikk en litt mykere start på sitt ISS-opphold. De hadde nok også fordel av å ha felles bakgrunn som piloter i sine respektive lands flyvåpen og dermed lang erfaring i å løse komplekse oppgaver under stress.

Landing

Også på Ax-3 måtte landingen utsettes noen dager fordi været i landingsområdet utenfor kysten av Florida var for dårlig. Den ekstra tiden ble benyttet til å videreføre flere av forskningsaktivitetene, men besetningen fikk også noen ekstra muligheter til å nyte utsikten.

Freedom koblet seg fra ISS 7. februar, og landet i Atlanterhavet utenfor Florida 9. februar kl. 14.30 norsk tid. Ax-3 endte etter drøyt 21 dager i rommet (hvorav 18 på ISS), 346 omløp rundt Jorden og en tilbakelagt distanse på over 14,6 millioner km. Som vanlig strømmet SpaceX og Axiom bilder fra både inn- og utsiden av kapselen. Kvaliteten på bildene var den beste så langt, og ga veldig god innsikt i arbeidet som foregår etter landingen. Litt morsomt var det å se at selv en så erfaren romfarer som Michael López-Alegría benyttet et ledig øyeblikk til å ta en selfie etter at fartøyet var trygt nede.

36 minutter etter landing var *Freedom* heist om bord i SpaceX-skipet *Shannon*, og rundt 20 minutter senere kunne astronautene forlate kapselen og ta sine første skritt på dekk. Etter en kort legesjekk ble de fløyet i land med helikopter og deretter videre med fly til Houston.

Allerede dagen etter var Wandt tilbake i Europa, i første omgang i Köln, Tyskland for prøvetaking og observasjon i forbindelse med det vitenskapelige programmet for ferden.

Først en uke senere kunne han sette kursen mot Sverige, hvor han ble møtt av sin ektefelle og statsminister Ulf Kristersson. Selv da var det lite tid til å slappe av: Han rakk ifølge moren bare noen få timer hjemme hos kona og de tre barna før han igjen måtte reise til Tyskland for å fortsette etterarbeidet. (Selv fikk hun bare noen få minutter med ham i Stockholm i forbindelse med et arrangement der. Det var visstnok første gang de hadde anledning til å møtes siden han startet treningen for ferden våren 2023!)

Så gikk turen til USA igjen, hvor Wandt og de andre besetningsmedlemmene 27. februar deltok i en nettbasert pressekonferanse for å oppsummere ferden. Wandt har tidligere antydnet at han regner med rundt et halvt års arbeid for ESA før perioden hans som såkalt prosjekt-astronaut avsluttes og han returnerer til jobben sin hos SAAB. Han forblir imidlertid i ESAs astronautreserve, og vil være disponibel for eventuelle nye oppdrag.

Hva vil skje etter Ax-3?

Axiom Space regner med at neste ferd i deres regi, Ax-4, vil starte i oktober 2024. Det ventes at Sławosz Uznański fra Polen vil delta. I likhet med Wandt er han medlem av ESAs astronautreserve, og han er blir den andre prosjekt-astronauten fra ESA. Fartøysjef blir sannsynligvis Peggy Whitson fra Axiom (tidligere NASA-astronaut). Det er også sannsynlig at en indisk astronaut deltar, og det fjerde besetningsmedlemmet kan muligens bli den brasilianske forskeren Alysso Muotri.

Axiom sender jevnlig ut pressemeldinger som bekrefter at stadig flere land, organisasjoner og enkeltpersoner skriver kontrakt med selskapet. Da Michael López-Alegría før ferden med Ax-3 fikk spørsmål om han ville fly igjen, sa 65-åringen at han ville fortsette å rekke opp hånden så lenge noen spurte ham om å delta. Axiom har i hvert fall nok å gjøre i årene fremover. ●

Astronautenes helse

Nye utfordringer ved lange romferder

Jan Petter Løberg



↑ **SENTRIFUGEN:** LDC-sentrifugen.

Med Artemis-programmet til NASA er det i fremtiden planer om lengre opphold på Månen. Når amerikanske astronauter igjen lander på vår nabo, vil det i første omgang være aktuelt med korte opphold før retur til Jorden. I årene fremover vil NASA etablere baser på Månens overflate som tillater opphold for astronautene over lengre tid. Samtidig utvikles planene for bemannede ferder videre ut i Solsystemet, som i første omgang vil dreie seg om en reise til Mars.

Astronautene vil over lang tid oppholde seg i vektløs tilstand. Erfaringer fra langtidsopphold på Den internasjonale romstasjonen (ISS) viser at astronautenes helse utsettes for påkjenninger som det vil være viktig å finne løsninger på.

Romfart nr. 4/2023 inneholdt en artikkel som belyste kritiske problemstillinger som det er nødvendig å finne svar på før langvarige romferder kan bli aktuelt. Astronauter som har gjennomført lange opphold på ISS, rapporterer om tendenser til svimmelhet og mangel på energi. Dette har resultert i at FN og ESA har bevilget midler til forskning på dette viktige temaet. Målet med forskningen er å finne ut hvorvidt de høye gravitasjonskreftene under oppskyting bidrar til blodmangelen som plager astronautene i rommet.

For å få svar på dette benytter forskerne en spesiell sentrifuge som er utviklet av ESA. Den består av fire armer med en lengde på 8 meter som kan utvikle fra 1G til 20G. Hver arm har to små containere som hver



↑ **TEAMET:** Forskerteamet fra Bolivia.

kan laste 80 kg. Sentrifugen roterer opptil 67 runder i minuttet, og skaper dermed såkalt hypergravitasjon for eksperimenter som kan gi svar på hvordan celler, planter og små organismer oppfører seg under stor fysisk påkjenning. Den er meget fleksibel, og kan rotere i opptil 6 måneder uten å stoppe.

Sentrifugen, som har betegnelsen LDC (Large Diameter Centrifuge), befinner seg i Nederland, og står til disposisjon for vitenskapelige forskningsprosjekter i hele Europa.

I medisinsk forskning er LDC spesielt benyttet til forskning innenfor biologi, biokjemi, mikrobiologi og plasmafysikk.

Nylig forskning viser at blodmangel kan relateres til såkalt hemolyse. Diagnosen kan forklares ved at røde blodceller blir ødelagt langt raskere enn den normale levetiden på 120 dager. Kroppen klarer ikke å produsere nye celler raskt nok, og resultatet av dette er anemi, eller blodmangel.

Et medisinsk team fra Bolivia, kun bestående av unge kvinnelige forskere, benyttet sentrifugen i fjor til et to uker langt eksperiment med forskning på hvordan hypergravitasjon innvirker på røde blodceller. Teamet benyttet en enkel medisinsk test. Ved å injisere en saltholdig oppløsning i væsken som omgir de røde blodcellene, vil oppløsningen trenge inn i cellene som til slutt blir ødelagt. Det neste skrittet var å teste denne hypotesen ved bruk av LDC-sentrifugen.

Konkret kjenner man til at gjennomstrømmingen av væsker i kroppen forandrer seg i vektløs tilstand, og denne effekten kan også føre til ødeleggelse av blodceller. Flesteparten av de medisinske eksperimentene som

«Astronautenes helse utsettes for påkjenninger som det vil være viktig å finne løsninger på.»

er utført på dette temaet er gjort i vektløs tilstand.

Utgangspunktet til teamet fra Bolivia var som følger: Astronautene gjennomgår to vesentlige tilstander. Den første fasen er under oppskyting hvor de gjennomgår en intens fase med høy gravitasjon med en varighet på ca. 8 minutter før deretter en hurtig overgang til vektløshet. Målet var derfor å undersøke hvilke effekter fra den første fasen som kunne ha betydning for det videre oppholdet i vektløs tilstand.

Testene som ble utført overstiger i stor grad de normale påkjenningene som astronautene gjennomgår for en normal oppskyting. Et interessant aspekt er å finne ut om langvarige gravitasjonspåkjenninger utgjør en forskjell.

Røde blodceller ble injisert med forskjellige mengder saltholdig oppløsning og kjørt i LDC-sentrifugen med 7,5 G og 15 G i tillegg til normal gravitasjon som kontroll. Sentrifugen ble kjørt i 10 minutter, i 30 minutter og i en hel time. Blodcellene ble i tillegg kjørt i 25 grader celsius og i kroppstemperatur, 37 grader celsius.

Resultatet av testene blir forsket videre på i tiden fremover, og det er helt avgjørende at problematikken med blodmangel og effektene av dette blir løst. Forskningen videre vil vi belyse i senere artikler. ●

Asiatiske astronauter

Del 2: Saudi-Arabia og Tyrkia

Per Olav Sanner

De senere årene har flere land i Asia begynt å satse tungt på å delta i den bemannede utforskningen av rommet. Utviklingen på dette området er så omfattende at den er gjenstand for en egen artikkelserie i Romfart.

Første del av serien ble publisert i Romfart nr. 4/2023, og handlet i hovedsak om astronautkorpene som ble opprettet i De forente arabiske emirater og India i henholdsvis 2018 og 2019.

I denne andre delen av serien er det Saudi-Arabia og Tyrkia som er i fokus. Begge landene har ambisjoner om å være regionale stormakter, og teknologi og forskning er betydelige satsingsområder. Bemannet romvirksomhet vurderes også som viktig i denne sammenhengen. Myndighetene i begge land mener at et bemannet romprogram vil inspirere unge til å studere realfag og velge teknologirelaterte yrker.

Her kan det legges til at også Iran ønsker å være en ledende makt i Midtøsten. Landet har, med hjelp fra Nord-Korea, utviklet egne raketter. Disse har flere ganger blitt benyttet til å sende opp satellitter. Irans romprogram bærer så langt preg av en relativt høy andel mislykkede oppskytinger, som alle har vært ubemannede.

Iranske myndigheter har signalisert at det på sikt er aktuelt å utvikle et bemannet romprogram. Noen tidsplan for dette er ikke kjent, og det er grunn til å tro at det ligger et godt stykke inn i fremtiden. Inntil så måtte skje, kan romfartsinteresserte iranere finne inspirasjon i at den iransk-amerikanske forretningskvinnen Anousheh Ansari deltok som turist på en russisk ferd til Den internasjonale romstasjonen (ISS) i 2006. Hun ble sendt opp med Sojuz TMA-9 den 18. september og landet med TMA-8 den 29. Under oppholdet utførte hun fire eksperimenter på vegne av den europeiske romorganisasjonen ESA.

«... et bemannet romprogram vil inspirere unge til å studere realfag og velge teknologirelaterte yrker.»

Også Jasmin Moghbeli, som i skrivende stund befinner seg om bord i ISS som medlem av Crew-7-besetningen, har iranske aner. Hennes foreldre flyktet fra Iran, og Moghbeli ble født mens de bodde i Tyskland. Men hun er amerikansk statsborger og gjorde karriere som helikopterpilot i det amerikanske marinekorpset før hun ble NASA-astronaut i 2017.

Ansari og Moghbeli er eksempler på hvilken kompetanse Iran går glipp av all den tid kvinners rettigheter og muligheter begrenses sterkt av myndighetene. Vi returnerer til hovedtemaet for denne artikkelen med å se på det bemannede programmet til Irans viktigste rival i Midtøsten.

Saudi-Arabia

Heller ikke Saudi-Arabia fremstår tradisjonelt som noe fyrstårn for kvinners rettigheter, men myndighetene var seg definitivt bevisst at både kvinner og menn skulle være med da landet opprettet sitt astronautkorps i 2022. Dette skjedde i regi av den statlige Saudi Space Commission (SSC), som ble grunnlagt i slutten av 2018. Organisasjonen fikk status som eget byrå i 2023 og endret da navn til Saudi Space Agency (SSA).

SSC inngikk i 2022 en avtale med det amerikanske selskapet Axiom Space om å trene saudiarabiske astronauter for en ferd i regi av Axiom til ISS. 22. september 2022 sendte Axiom ut en pressemelding om at to saudiere skulle delta på en ferd i 2023, og at den ene av dem skulle være en kvinne.

Det første astronautkullet på fire ble introdusert for offentligheten 12. februar 2023, men var allerede godt i gang med treningen. Det bestod av Rayyanah Barnawi, Mariam Fardous, Ali AlGhamdi og Ali AlQarni.

Rayyanah Barnawi (f. 1988) har en bachelor i biomedisin fra University of Otago i Dunedin, New Zealand og en master i biomedisin fra AlFaisal University i Riyadh, Saudi-Arabia. Hun hadde jobbet i ni år som forsker ved King Faisal Specialist Hospital and Research Centre i Riyadh da hun ble valgt ut som astronaut. Dykking, hanggliding, klatring og flyving med vingedrakt er blant aktivitetene som dyrkes utenom jobb!



↑ Rayyanah Barnawi om bord i ISS. Foto: Axiom Space



↑ Ali AlQarni virker fornøyd med utsikten fra ISS. Foto: Axiom Space

Mariam Fardous (f. 1984) har en bachelor i medisin og kirurgi fra King Abdulaziz University i Jeddah, Saudi-Arabia. Hun har også en master i epidemiologi og biostatistikk fra King Saud bin Abdulaziz University for Health Sciences i Riyadh, og har studert økonomi og ledelse ved Missouri State University i Springfield, Missouri. Hun har 13 års erfaring fra arbeid innen offentlig medisin. Hun skal være den første kvinnelige apparatdykkeren i Saudi-Arabia, og har blant annet dykket ved Nordpolen. Fardous har også erfaring fra humanitært arbeid, blant annet med å etablere helsetjenester for nødstedte i Sør-Afrika, Libanon og Hellas for Røde Kors og Røde Halvmåne.

Ali AlGhamdi (f. 1992) har en bachelor i flyteknikk fra King Faisal Air Academy i Riyadh. Han var pilot og instruktør på jagerfly av typen Eurofighter Typhoon i flyvåpenet, hvor han hadde kapteins grad, mer enn elleve års erfaring og over 2800 flytimer.

Ali AlQarni (f. 1992) har også en bachelor i flyteknikk fra King Faisal Air Academy og pilotutdanning fra Saudi-Arabia og Vance Air Force Base i Enid, Oklahoma. Han var kaptein i flyvåpenet, hvor han fløy jagerfly av typen F-15SA og hadde opparbeidet tolv års erfaring og nærmere 2400 flytimer.

Samtidig med at navnene til de saudiske astronautene ble offentliggjort, kunngjorde NASA at Barnawi og AlQarni skulle delta på den andre kommersielle korttidsferden til ISS i regi av Axiom, Ax-2, senere samme vår. Ferden til og fra ISS skulle foregå med Crew Dragon-fartøyet *Freedom* fra SpaceX.

I tillegg til Barnawi og AlQarni, som skulle være ferdspesialister, bestod besetningen av Peggy Whitson og John Shoffner. Whitson er tidligere NASA-astronaut med tre ferder til ISS, men jobber nå for Axiom. Hun skulle fyller rollen som fartøysjef. Shoffner er en amerikansk

forretningsmann, filantrop og pilot, og skulle være pilot på ferden.

AlGhamdi og Fardous utgjorde reservebesetningen sammen med Michael López-Alegría (USA/Axiom, fartøysjef) og Walter Villadei (Italia, pilot). De to sistnevnte fløy senere på Ax-3-ferden, som omtales i en egen artikkel.

Ax-2 ble skutt opp fra Kennedy-romsenteret i Florida 21. mai 2023 og landet 31. mai (norsk tid). I løpet av de åtte dagene de var om bord i ISS utførte besetningen 26 vitenskapelige eksperimenter og deltok i 20 aktiviteter som involverte ulike målgrupper på bakken, inkludert tusenvis av skoleelever. Det ble også gjennomført åtte presseaktiviteter. Elleve av eksperimentene var i saudisk regi.

Blant astronautene som befant seg på ISS under besøket til Ax-2 var Sultan AlNeyadi, astronaut fra De forente arabiske emirater. AlNeyadi deltok på Crew-6-ferden fra 2. mars til 4. september 2023. Dermed var hele tre representanter for den arabiske verden i rommet samtidig. (AlNeyadis besøk er beskrevet i første del av denne artikkelserien.)

Også Saudi-Arabia regner med å sende astronauter på lengre opphold i rommet. SSA viser på sitt nettsted til at de vil sende astronauter på både korte og lange ferder for å «utføre forskning til nytte for hele menneskeheten». Og forskningen skal ikke bare gi resultater på Jorden, den skal også åpne veien for fremtidige ferder til Månen og Mars.

Det virker altså sannsynlig at vi kommer til å se mer til Barnawi, AlQarni, Fardous og AlGhamdi i årene fremover.

Saudi-Arabias deltakelse i bemannet romfart har kommet langt siden Sultan bin Salman bin Abdulaziz Al Saud (f. 1956) i juni 1985 deltok på romfergeferd 51-G som første saudier i rommet. Al Saud var hovedsakelig observatør på ferden, hvor kommunikasjonssatellitten Arabsat-1B var blant nyttelastene som ble utplassert. Al Saud og reserven Abdulmohsen Hamad Al-Bassam (f. 1948) var kun blitt engasjert for dette oppdraget, og hadde ingen utsikter til nye ferder. Al Saud var fra →



↑ Reservene Ali AlGhamdi og Mariam Fardous under trening hos NASA. Foto: Axiom Space



↑ Trengt om plassen rundt middagsbordet på ISS! Fra venstre: Peggy Whitson, Ali AlQarni, Dmitrij Petelin, Sultan AlNeyadi, Stephen Bowen, John Shoffner, Andrej Fedjajev, Sergej Prokopjev, Rayyanah Barnawi og Woody Hoburg. Frank Rubio er ikke med på bildet. Foto: Axiom Space

2018 første styreleder for SSC, og er for øvrig sønn av Salman bin Abdulaziz Al Saud, som har vært Saudi-Arabias konge siden 2015.

Tyrkia

Fra monarkiet Saudi-Arabia skal vi til republikken Tyrkia, som ble grunnlagt i 1923. Tyrkia har i 30 år benyttet seg av mulighetene rommet har å by på. (Det er fristende å antyde at det kanskje bare skulle mangle for et land der Månen og en stjerne utgjør de eneste elementene i flagget.) Tyrkia har siden 1994 hatt egne kommunikasjons-satellitter, og har senere utvidet repertoaret med blant annet jordressurssatellitter, militære satellitter og flere nanosatellitter fra ulike universiteter.

I slutten av 2018 etablerte man det statlige byrået for romvirksomhet Türkiye Uzay Ajansı (TUA), som har til oppgave å koordinere romrelaterte aktiviteter og satsinger i Tyrkia. Noen av satsingene i årene fremover er en sonde og senere et kjøretøy som begge skal lande på Månen, et regionalt posisjoneringssystem, sporing av objekter i jordbane, forskning på romvær, videreutvikling av høyteknologiske industri- og forskningsmiljøer og å inspirere ungdom til å utdanne seg for og å jobbe innen romvirksomhet.

Ikke minst utvikler Tyrkia kapasitet til å bygge egne satellitter og raketter, og en oppskytingsbase er under planlegging. I forkant av republikkens 100-årsjubileum i 2023 vedtok myndighetene at tiden også var kommet for bemannet romvirksomhet gjennom internasjonalt samarbeid.

Dette var bakgrunnen for at TUA, i samarbeid med Axiom, i mai 2022 startet rekrutteringen til et eget astronautkorps. Over 36 000(!) personer meldte sin interesse. Rundt 750 av disse fylte kriteriene og gikk videre i utvelgelsesprosessen. 29. april 2023 kunn-

gjorde Tyrkias president Recep Tayyip Erdoğan at Alper Gezeravcı og Tuva Cihangir Atasever var valgt ut som Tyrkias første astronauter, og at Gezeravcı innen utgangen av året skulle ut i rommet.

Alper Gezeravcı (f. 1979) har bachelorgrad innen elektronikk fra det tyrkiske flyvåpenakademiet Hava Harp Okulu i Istanbul. Han har en master innen samme fagfelt fra Air Force Institute of Technology ved Wright-Patterson Air Force Base nær Dayton, Ohio. Han er oberst med totalt 15 års erfaring som pilot i det tyrkiske flyvåpenet, særlig på jagerflyet F-16.

I 2012 var han en av mange offiserer som ble avskjediget fra forsvaret på mistanke om at de støttet eller sympatiserte med Gülen-bevegelsen. Han ble imidlertid renvasket i 2020, og gjenopptok tjenesten i luftforsvaret. I mellomtiden hadde han arbeidet sju år som flykaptein for Türk Hava Yolları (Turkish Airlines).

Tuva Cihangir Atasever (f. 1992) har en bachelor innen elektronikk fra Bilkent Üniversitesi i Ankara, Tyrkia. Han tok en master i fotonikk ved University of California i Irvine. Han har også gjennomført romstudieprogrammet som organiseres hver sommer av Technische Universiteit Delft (Nederland),

«Det ligger altså an til at begge de tyrkiske astronautene får sin første ferd i løpet av 2024.»



↑ Alper Gezeravcı arbeider med planteeksperimentet Extremophyte CRISPR i den japanske Kibo-modulen på ISS.

Foto: Türkiye Uzay Ajansı/Alper Gezeravcı



↑ Tuva Cihangir Atasever under trening før ferden. Foto: Axiom Space

European Space Research and Technology Centre (Nederland) og International Space University (USA/Frankrike).

Etter fullført utdanning var han med på å starte to bedrifter innen AR- og VR-teknologi. Han har de senere årene vært ansatt i det tyrkiske selskapet Roketsan A.Ş., som utvikler og bygger raketter og missiler. Der har han arbeidet med styrings-systemer for den ballistiske forskningsraketten SSR og bæreraketen MSLV, som skal gjøre Tyrkia i stand til å skyte opp satellitter selv. Da han ble plukket ut som astronaut, jobbet han med utvelgelse og integrering av vitenskapelige og kommersielle nyttelaster for SSR.

9. august 2023 kunngjorde Axiom at Gezeravcı skulle delta på Ax-3, selskapets tredje kommersielle korttidsferd til ISS. Ferden var da berammet til januar 2024, og de øvrige besetningsmedlemmene var Michael López-Alegría (USA/Spania, Axiom), Walter Villadei (Italia) og Marcus Wandt (Sverige, ESA). Atasever skulle være reserve for Gezeravcı, mens Peggy Whitson (USA, Axiom) skulle være reserve for López-Alegría.

Ax-3 med Crew Dragon-fartøyet *Freedom* fra SpaceX ble skutt opp fra Kennedy-romsenteret 18. januar 2024 og landet utenfor østkysten av Florida 9. februar. Ax-3-besetningen fikk hele 18 dager om bord i ISS da landingen ble utsatt noen dager på grunn av dårlig vær. Gezeravcı utførte 13 eksperimenter under ferden. (Ferden omtales grundigere i en egen artikkel.)

Under Axioms live-sending i forbindelse med oppskytingen bekreftet industri- og teknologiminister Mehmet Fatih Kacır noe som tyrkiske medier første gang meldte i mai 2023, nemlig at Atasever skal delta på en kommersiell, ballistisk ferd i første halvdel av 2024.

Det er ikke kunngjort nærmere detaljer om dette. De eneste selskapene som for øyeblikket tilbyr ballistiske romferder er Blue Origin og Virgin Galactic. Men Atasever uttalte i et intervju med det tyrkiske nyhetsbyrået Anadolu Ajansı 18. mai 2023 at ferden ville vare noen få timer. Det tyder på at den vil skje med SpaceShip2 fra Virgin Galactic.

Turer med dette fartøyet varer noen få timer fra start til landing. Mesteparten av tiden går med til at moderflyet frakter SpaceShip2 til riktig starthøyde. Når SpaceShip2 frigjøres og tenner rakettmotoren, er den ballistiske delen av ferden unnagjort på noen få minutter. Maksimal høyde er rundt 80 km. Til sammenligning varer ferder med New Shepard-fartøyene til Blue Origin bare drøyt ti minutter fra start til landing, og når en største høyde på i overkant av 100 km.

Virgin Galactic har kunngjort at de planlegger en ferd i andre kvartal 2024 der det skal delta en forsker og tre turister. Det er derfor rimelig å anta at det er Atasever som er denne forskeren.

Det ligger altså an til at begge de tyrkiske astronautene får sin første ferd i løpet av 2024. Konkrete planer for nye ferder er ikke offentliggjort ennå. Men 27. februar 2024 arrangerte Axiom en nettbasert pressekonferanse med besetningen. På spørsmål fra artikkelforfatteren om det er sannsynlig at tyrkiske astronauter vil fly igjen de nærmeste årene, svarte Gezeravcı at det nylig er fattet beslutninger på høyt nivå om at dette skal fortsette.

Atasever sa for øvrig i det ovennevnte intervjuet med Anadolu Ajansı at målet hans er å fly til Månen, så det er tydelig at forventningen er å fly mer enn én ferd. For rominteresserte tyrkere markerer året 2024 en lovende start på republikkens andre århundre.

I tredje og siste del av artikkelserien er temaet astronautkorpene i Kina og Japan. ●

Indias astronauter er endelig navngitt

Per Olav Sanner

I slutten av 2019 valgte India ut fire flyvåpenpiloter til landets første, profesjonelle astronautkorps (se Romfart nr. 4/2023). De fire mennene – India slipper foreløpig ikke til kvinnelige piloter i flyvåpenet – ble pussig nok ikke navngitt ved utvelgelsen.

I Sovjetunionen var det i flere tiår fast praksis at ingen kosmonauters navn ble offentliggjort før de ble sendt opp i rommet, men selv der begynte man etter hvert å gå ut med navnene en stund før ferden. Man opprettholdt imidlertid praksisen med at navn ikke ble kunngjort når nye kull ble rekruttert. Først på 1990-tallet begynte Russland å offentliggjøre kosmonauters navn allerede ved ansettelsen.

Denne praksisen stod i sterk kontrast til hvordan NASA og romorganisasjoner i Europa, Frankrike, Tyskland, Italia, Japan, Canada, De forente arabiske emirater, Saudi-Arabia og Tyrkia har operert. Der er navn blitt kunngjort både ved ansettelsen og når hver enkelt astronaut er blitt tatt ut til en bestemt ferd.

Kun Kina har konsekvent vært musestille om hvem som ansettes, og det er først dagen før en ferd starter at besetningens navn kunngjøres.

28. februar 2024 offentliggjorde indiske myndigheter endelig navnene. Statsminister Narendra Modi besøkte da Vikram Sarabhai-romsenteret i Thiruvananthapuram i Kerala-provinsen. Formålet med besøket var ifølge statsministerens kontor å åpne tre store infrastrukturprosjekter knyttet til romprogrammet og å bli oppdatert om utviklingen av det bemannede romfartøyet Gaganyaan.

I en stor seremoni introduserte Modi de fire flyvåpenoffiserene for allmenheten og viste til planene landet har for bemannet romforskning i årene fremover. Planene omfatter, foruten Gaganyaan, en liten romstasjon rundt 2035 og en bemannet landing på Månen rundt 2040.

Astronautene

De fire astronautene er (opplysninger om alder, region, og tjenestetid er hentet fra nettstedet til Hindustan Times 28. februar 2024):

Ajit Krishnan (41) fra Chennai. Krishnan er instruktør og testpilot med obersts grad, og har tjenestegjort i Indias flyvåpen siden 2003.

Prasanth Balakrishnan Nair (47) fra Kerala. Nair er oberst, og har tjenestegjort siden 1998.

Angad Pratap (41) fra Prayagraj. Pratap er instruktør og testpilot med obersts grad, og har tjenestegjort siden 2004.

Shubhanshu Shukla (38) fra Lucknow. Shukla er testpilot med oberstløytnants grad, og har tjenestegjort siden 2006.

Astronautene startet 10. februar 2020 ettårig grunnopplæring i Russland. Fra begynnelsen av 2021 har de fortsatt opplæringen ved et eget treningssenter i India.

Når dette skrives på skuddårsdagen, planlegger den



↑ **ASTRONAUTER:** Indias astronauter sammen med den franske ESA-astronauten Thomas Pesquet. Fra venstre: Angad Pratap, Prasanth Balakrishnan Nair, Thomas Pesquet, Shubhanshu Shukla og Ajit Krishnan. Foto: Thomas Pesquet

indiske romorganisasjonen ISRO å gjennomføre minst én ubemannet prøveferd med Gaganyaan i 2024. En prøveferd eller to til skal gjennomføres før fartøyet sendes opp med astronauter om bord, etter planen i 2025. Ferden skal foregå i en banehøyde på rundt 400 km, vare i tre dager og ha inntil tre besetningsmedlemmer.

Det Modi ikke sa noe om, var at man også forbereder å sende en indisk astronaut til Den internasjonale romstasjonen ISS innen utgangen av 2024. Det dreier seg om en kommersiell korttidsferd, sannsynligvis Ax-4 i regi av selskapet Axiom Space, med forventet oppskyting i fjerde kvartal. I henhold til samarbeidsavtalen som indiske og amerikanske myndigheter kunngjorde i juni 2023 skal NASA gi avansert opplæring til to indiske astronauter i forkant av denne ferden.

Spørsmålet som melder seg, er om dagens fire astronauter er nok? Hvis Gaganyaan skal fly med tre besetningsmedlemmer, må man anta at den fjerde skal være reserve. Men hvis to av dem skal trene i USA i forkant av den kommersielle ferden, må dette ha betydning for forberedelsene til Gaganyaan.

«Er dagens fire astronauter nok?»

Nettstedet Outlook India rapporterte 23. juni 2023 at ISS-ferden ikke skal påvirke fremdriftsplanen for Gaganyaan. Vitenskaps- og teknologiminister Jitendra Singh ble sitert på at inderen som skal fly til ISS ikke nødvendigvis må komme fra Gaganyaan-gruppen. Men han la til at ISS-ferden er en mulighet for en av Gaganyaan-astronautene til å få erfaring i rommet.

Det indiske nettstedet Republic Digital presiserte 27. februar 2024 at det er en av Gaganyaan-astronautene som skal fly til ISS, og at dette skal tjene som del av forberedelsene til den første, bemannede ferden med Indias eget romfartøy. Dette gir mening hvis vi går ut fra at Gaganyaan ikke vil være klart for en bemannet ferd før helt i slutten av 2025, og at den ferdspesifikke treningen først starter for alvor i begynnelsen av det året. ●

Artemis-programmet i 2024

Ragnar Thorbjørnsen



↑ **ARTEMIS 2:** Astronautene på Artemis 2 inspiserer romskipet.

I løpet av 2023 ble det ganske klart at Artemis-programmet ikke ville ha den progresjonen som NASA hardnakket har holdt fast ved gjennom de siste årene, nemlig at en bemannet månelanding ville finne sted innen utløpet av 2025. Helt i begynnelsen av 2024 kom bekreftelsen fra NASA - på at ting tar tid, og at tidspunktet for de neste ferdene må forskyves. Slik det ser ut nå skal Artemis 2 finne sted tidligst i september 2025, mens Artemis 3 er tidfestet til september 2026. Siden Artemis 4 allerede var skjøvet til september 2028, ser vi enkelt at NASA har «ledig plass» til Artemis 3 også i 2027, en ytterligere utsettelse som slett ikke kan utelukkes.

Hva skal da skje med Artemis-programmet i 2024? Arbeidet med forberedelser både til Artemis 2 og Artemis 3 vil selvsagt pågå for fullt. Problemer er blitt avdekket

og problemer skal løses. La oss derfor se nærmere på hva NASA har å arbeide med. Først kan det kanskje kommenteres at budsjettutfordringer også spiller inn når NASA går til det skritt å utsette alt med ett år. Kanskje er det penger å spare, spesielt med tanke på hva det koster å skyte opp SLS (Space Launch System). Imidlertid er det mange kostnader som løper uansett, enten man gjennomfører en oppskyting eller ei. Utsettelser koster også ekstra. Hovedårsaken til utsettelsene er nok tekniske problemer som må løses, og prioritet 1 er astronautenes sikkerhet.

Artemis 2

Etter Artemis 1 oppdaget man at varmeskjoldet ikke hadde oppført seg helt som forventet. Riktignok var temperaturen inne i kapselen aldri faretruende høy, men



↑ **ROMDRAKT:** Modell av romdrakten som utvikles for Artemis-programmet.

det er uansett viktig at varmeskjoldet oppfører seg slik man forventer. Det man så var at små biter av stoff som forkulles falt av. Forkulling var som forventet, men ikke at små biter skulle falle av. Det har vært arbeidet med dette problemet gjennom hele 2023, og arbeidet fortsetter i 2024. Man ønsker, før Artemis 2, å være 100 % sikre på at modellen de har av varmeskjoldets oppførsel viser korrekte resultater.

Problemene med varmeskjoldet er likevel ikke hovedårsaken til utsettelsen av Artemis 2. Under arbeid med kapselen for Artemis 3 ble det oppdaget designfeil i systemer som er kritiske for astronautenes miljø, spesielt gjelder det systemet som skal fjerne karbondioksid fra luften i kabinen. Slike feil ble ikke oppdaget i kvalitetskontrollen da disse systemene ble installert i kapselen for Artemis 2, men nå har man ikke annet valg enn å skifte dem ut. Det er en veldig tidkrevende prosess, siden det er mye som må demonteres og deretter testes på nytt når det igjen er installert.

Artemis 3

At SpaceX ikke er i rute med månelander-versjonen av Starship, er noe vi lenge har forstått. Og selv om de skulle lykkes med sitt test-program i 2024, vil det frem-

deles være mye som gjenstår. Hvis de skal levere til en bemannet månelanding i 2026, må de i løpet av 2025 demonstrere etablering av et drivstoffdepot i jordbane og dessuten gjennomføre en ubemannet månelanding med Starship. En pågående diskusjon gjelder hvor mange oppskytinger som må til for å fylle drivstoffdepotet med drivstoffet som er nødvendig for å gjennomføre en månelanding. Anslagene varierer fra fire til mer enn femten. Sannheten ligger kanskje et sted midt imellom, men foreløpig er det ingen som vet. Dette må prøves ut før man kan si noe mer eksakt.

En annet viktig leveranse til en bemannet månelanding er romdraktene som astronautene skal bruke ute på måneoverflaten. Det er Axiom Space som har fått kontrakt på å utvikle disse romdraktene. For noen måneder siden viste de fram en prototype, men de har mye arbeid igjen før romdraktene er klare. Også dette er en grunn til at en månelanding ikke kan komme før tidligst i slutten av 2026.

Artemis 4

Under de tre første Artemis-ferdene benyttes versjon 1 av SLS. Når man på Artemis 4 tar i bruk EUS (Exploration Upper Stage) som 2. trinn på bæreraketten, blir betegnelsen SLS versjon 1B. Da trenger man også en ny oppskytingsplattform (ML2 - Mobile Launcher 2). Det er Bechtel som i 2019 fikk kontrakt på å bygge denne nye oppskytingsplattformen. Dette er også et arbeid som tar tid, og som har en relativt høy kostnad.

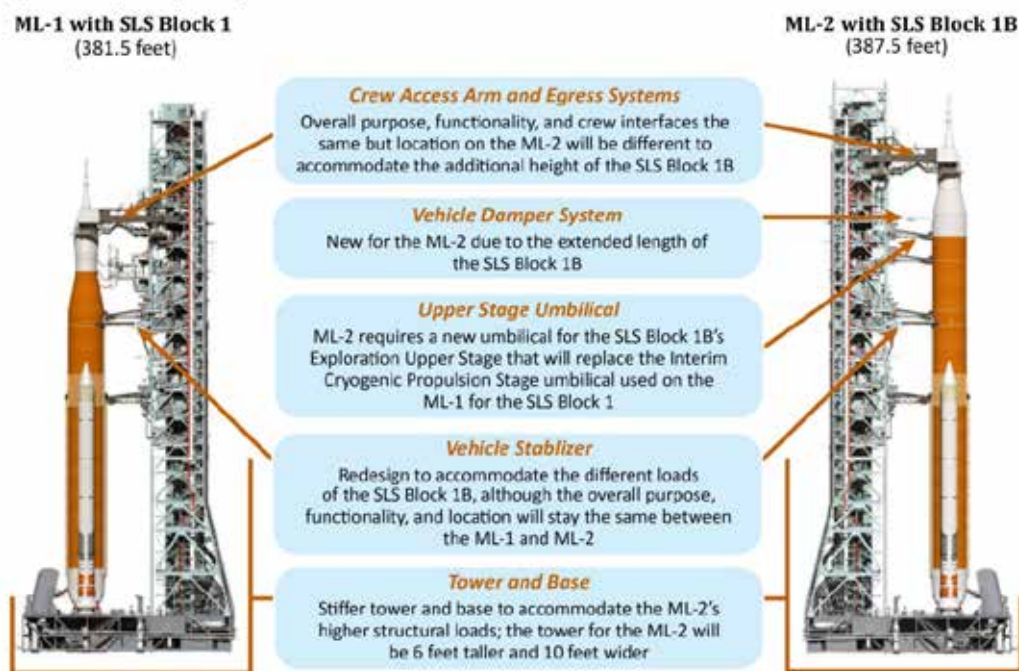
Det har ikke vært skrevet så mye om kostnadene forbundet med utviklingen av EUS, men det kan ikke være særlig tvil om at det rent økonomisk er en fordel at utgiftene spres over flere budsjettår. Så når arbeidet med ML2 tar lengre tid en opprinnelig antatt, kan det muligens være økonomisk fordelaktig, i og med at disse viktige elementene nå først må være klare til bruk høsten 2028.

Mens man i Apollo-programmet forholdt seg til en tidsfrist (månelanding innen tiårets utløp), har man ingen tilsvarende tidsfrist i Artemis-programmet. Dessuten – månelandinger var (og er) ikke målet med Artemis-programmet.

Gateway

Opprinnelig var det etablering av en romstasjon i rommet nær Månen som var hovedformålet med programmet som i 2019 fikk navnet Artemis. Bemannede månelandinger var en ekstra bonus, som kun ville være aktuelt hvis politikerne ønsket det, og dermed bevilget ekstra midler. Så var det jo akkurat det som skjedde; og nå er alle politikerne (kanskje ikke alle, men presidenten og et flertall i kongressen) enige om at det er viktig å gjennomføre Artemis-programmet, nå bestående av både romstasjonen (Gateway) og månelandinger (faktisk opererer NASA nå med planer som tilsier månelanding på hver eneste Artemis-ferd fra og med Artemis 3).

Det endelige målet er Mars, sier man i NASA, derfor var mye av formålet med Gateway oppgitt å være at man der kunne trene på alt som må beherskes før mennes- →



↑ **PLATTFORMER:** Illustrasjon av de to oppskytingsplattformene.

ker kan sendes ut på en romferd til Mars. Utover det å slå fast at Mars er det endelige målet, er det lite snakk om hvilket tidsperspektiv man kan ta sikte på for å nå et slikt mål. Tidligere ble det sagt at en bemannet ferd til Mars skulle finne sted innen utløpet av 2030-årene. Det er fremdeles lenge til 2039, men akkurat nå er det lite som tyder på at det vil være realistisk med en bemannet ferd til Mars i løpet av de neste 15 årene. Hvis Kina lykkes med sine planer om bemannede ferder til Månen, og dessuten kommer i gang med etablering av en base på Månen; da vil kanskje USA se seg nødt til å fokusere mer

på Månen enn på Mars på 2030-tallet.

Gateway skal være en internasjonal romstasjon, i den forstand at USA/NASA søker samarbeid med flere andre land, spesielt de som også er med på samarbeidet om ISS (Den internasjonale romstasjonen). Riktignok er det USA/NASA som står for de fleste modulene til Gateway, men Europa/ESA og Japan bidrar også. Canada skal bidra med en manipulatorarm.

Det var én modul som inntil nylig manglet leverandør, men i januar i år ble det inngått avtale med De forente arabiske emirater om leveranse av luftslusen som skal gjøre det mulig for astronautene å arbeide på utsiden av romstasjonen. Som takk for bidraget vil landet få anledning til å sende med en egen romfarer på en Artemis-ferd til romstasjonen.

Oppskytingen av de første elementene til romstasjonen Gateway (PPE/HALO) er blitt utsatt flere ganger. Tankegangen er nå at disse to elementene først må være på plass når Artemis 4 sendes til Månen. Artemis 4 skal ha med seg det tredje elementet (I-Hab) til Gateway. Det innebærer at PPE/HALO må skytes opp i 2027.

Konklusjonen på alt dette blir dermed at vi neppe vil få høre så mye om Artemis-programmet i 2024. På den annen side får vi helt sikkert høre mye om test-programmet for SuperHeavy/Starship. Selv om Starship etter planen skal brukes som månelander under ferdene med Artemis 3 og Artemis 4, blir det feil å si at Starship er en del av Artemis-programmet, derfor konkluderer vi altså med at Artemis-programmet i liten grad vil prege nyhetsbildet i 2024. ●



↑ **GATEWAY:** Illustrasjon av Gateway – slik romstasjonen planlegges å bli seende ut når alt er på plass en gang tidlig på 2030-tallet. Illustrasjonen inkluderer også romskipet Orion og et månelandingsfartøy (ned til venstre).

Den vanskelige månen

Øyvind Gulbrandsen



Månen er i skuddet som den ikke har vært siden første runde av månekappløpet var på sitt mest intense på 1960-tallet. Bare i løpet den siste 10-månedersperioden før denne utgaven av Romfart går i trykken, fra april 2023 til februar 2024, har det blitt gjort seks myklandingsforsøk med ubemannede romfartøy, fra fire forskjellige nasjoner. Det har bare gått sånn passelig bra.

For å oppsummere:

- Den japanske Hakuto-R 1 krasjlandet 24. april 2023.
- Russlands Luna 25 krasjlandet 10. august 2023.
- Indias Vikram (Chandrayaan-3) myklandet 23. august 2023.
- USAs Peregrine brant opp i jordatmosfæren 18. januar 2024.
- Japans SLIM myklandet 19. januar 2024, veltet etter landingen.
- USAs IM-1 Odysseus myklandet 22. februar 2024, veltet også.

SLIM og Odysseus fungerte begge etter landingen, men var selvsagt sterkt belemret av at de hadde gått over ende. Dermed blir Indias Vikram stående igjen som den eneste tilsyneladende helt vellykkede ferden av disse seks.

Det blir stadig gjentatt, særlig når ting har gått galt, at rommet er fiendtlig og romfart vanskelig. Likevel kan nok noen og enhver være forbauset over hvor problematisk denne nye bølgen med ubemannede månesonder synes å vise at det er å lande på Månen i god behold, all den tid dette var blitt mer eller mindre rutine for to generasjoner siden. Bak dette ligger selvsagt en slags forventning

↑ **LANDSKAP:** Månelandskapet fotografert under Apollo 17-ferden.

om at et halvt århundre med det vi har blitt oppdratt til å tro er en rivende teknologisk utvikling burde ha gitt seg utslag i noe bedre enn fiaskoer på løpende bånd.

Mye av forklaringen ligger utvilsomt i begrensede budsjetter. Både den japanske Hakuto-R og de amerikanske Peregrine og Odysseus var bygget av private selskaper. De amerikanske var bygget under NASAs CLPS-program (Commercial Lunar Payload Services-program), hvor NASA betaler en relativt begrenset sum for å få brakt vitenskapelige instrumenter til Månen, men ellers blander seg mye mindre inn i de tekniske aspektene ved prosjektene enn hva som tradisjonelt har vært tilfelle, hvor man har benyttet såkalt kost pluss metode. Tanken bak CLPS er å stimulere til innovasjon og nyskapning i den private industrien. NASA er fullt klar over at risikoen for mislykkede ferder er høyere, til gjengjeld er prisen per oppdrag langt lavere enn hva som ville vært tilfelle med en vanlig ferd i offentlig NASA-regi. Man får også flere ferder pr. dollar (eller pr. mrd. dollar), som gir spredning av risiko.

Vi tok for oss fjorårets ferder, samt en del tidligere historikk, i Romfart 2023-3 fra side 32, og vil derfor bare omtale årets tre landingsforsøk i denne artikkelen.

Peregrine

Etter flere års forsinkelser ble den første oppskytingen av en bærerakett av typen Vulcan Centaur gjen- →



↑ **FYR OG FLAMME:** Peregrine ble skutt opp med den første bæreraketten av typen Vulcan Centaur. I USAs sortiment er det foreløpig kun SLS som er kraftigere enn denne, men den er helt og holdent forbeholdt Artemis-programmet. Etterhvert vil imidlertid både New Glenn og ikke minst Starship skyve Vulcan Centaur lenger ned på listen. Oppskytingen av Peregrine fant sted fra Cape Canaveral den 8. januar 2024.

nomført fra Cape Canaveral den 8. januar 2024. Vulcan Centaur er utviklet av ULA (United Space Alliance), som eies 50-50 av aerospacegigantene Lockheed Martin og Boeing. I tillegg er Northrop Grumman og Blue Origin tungt inne som underleverandører, av henholdsvis faststoffmotorene og BE-4 rakettmotorene i førstetrinnet, som går på flytende metan og oksygen.

Det går gjerne flere år mellom hver gang en ny type bærerakett i denne størrelsesklassen debutterer. Oppskytingen var derfor en viktig begivenhet for amerikansk romindustri, og også for det amerikanske forsvaret, som planlegger å bruke Vulcan Centaur til å skyte opp mange av sine største, tyngste og mest kostbare satellitter i årene som kommer.

Mens oppskytingen ble beskrevet som meget vellykket, ble ferden alt annet enn problemfri for nyttelasten, månesonden Peregrine (vandrefalk), den første i CLPS-programmet. Peregrine ble som planlagt frakoblet bæreraketten Centaur-trinn i en svært avlang bane rundt Jorden, og skulle derfra selv manøvrere seg ut av jordbane, inn i bane rundt Månen og deretter ned til en landing den 23. februar 2024, den første amerikanske myklandingen på Månen siden Apollo 17 i desember 1972.

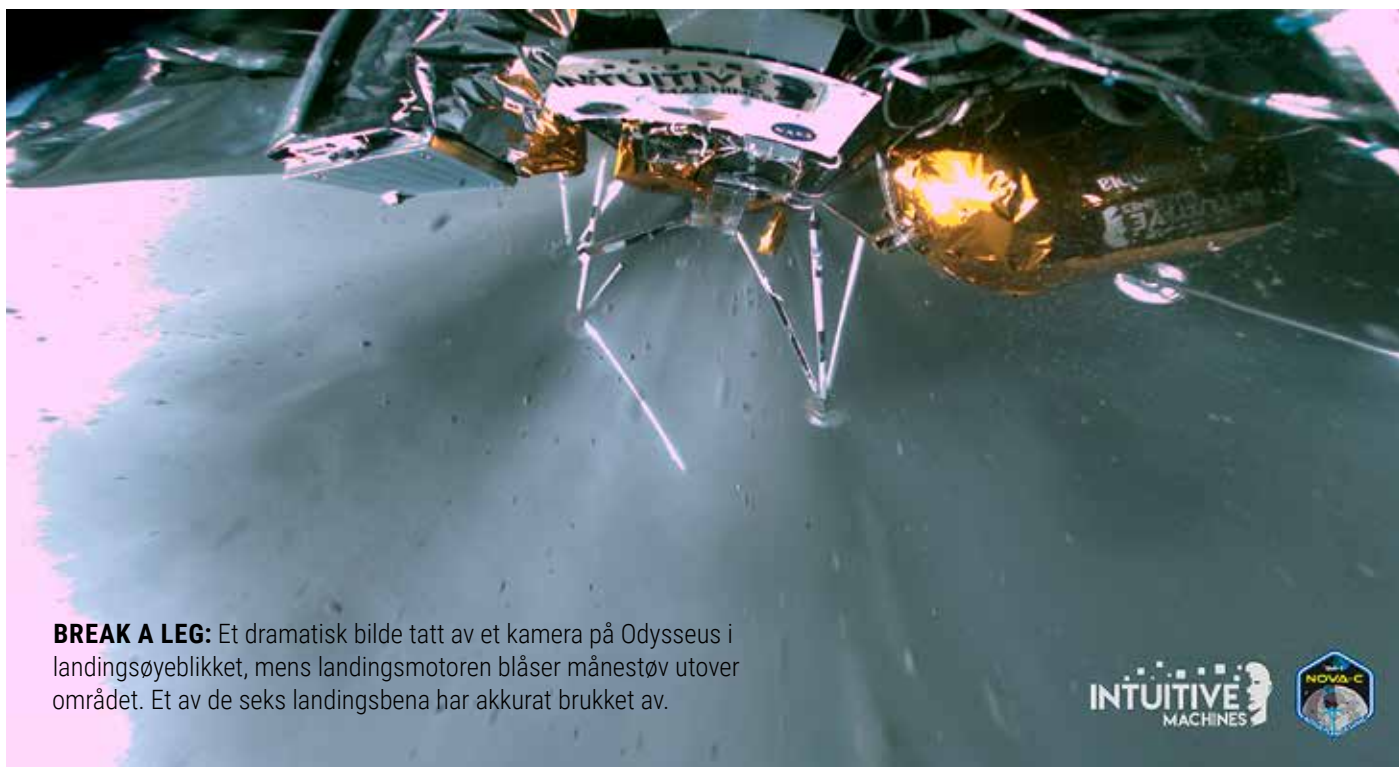
Bare timer etter oppskytingen ble det klart at det ikke kom til å skje. Årsaken var en stukk heliumventil. I likhet med mange andre raketter og romfartøy hadde Peregrine heliumgass under høyt trykk i små, men robuste tanker. Heliumet overføres gradvis og etter behov til de større, men ikke like robuste drivstofftankene, for å

presse drivstoff derfra inn til rakettmotorene.

Siden ikke ventilen i Peregrines heliumtank ville stenge seg etter første gangs bruk, fortsatte helium under stort trykk å strømme inn i tanken med oksidasjonsmiddel helt til den sprakk. Det fjernet effektivt ethvert håp om noen månelanding for dette romfartøyet. På den annen side klarte selskapet Astrobot Technology, som hadde bygget og kontrollerte Peregrine på oppdrag fra NASA, å beholde kontroll på sonden vesentlig lenger enn hva man innledningsvis trodde ville være mulig etter at den begredelige situasjonen kom for en dag. En grunn var at lekkasjen gradvis avtok.

Man benyttet tiden i jordbane til blant annet å skru på instrumentene i sonden, bare for å ha gjort det. Dataene man fikk inn var kanskje ikke spesielt givende, instrumentene var jo beregnet på å gjøre observasjonene sine på måneoverflaten. Man vekket til og med opp roverne sonden hadde med, men som aldri fikk noe å kjøre på. Peregrine hadde med seg hele seks rovere. En liten firehjulning, og fem enda mindre tohjulinger. De sistnevnte var bygget i Mexico og skulle sparkes ut på overflaten og deretter kjøre rundt i samlet flokk.

Siden Astrobot klarte å opprettholde et minimum av kontroll på romfartøyet, ønsket selskapet å bruke de små manøvreringsmulighetene man hadde til i hvert fall å forsøke å sette det i bane rundt Månen. I konsultasjon med NASA ble det imidlertid bestemt å i stedet sende det tilbake, inn i jordatmosfæren, hvor det brant opp den 18. januar. I tillegg til instrumenter og rovere hadde



BREAK A LEG: Et dramatisk bilde tatt av et kamera på Odysseus i landingsøyeblikket, mens landingsmotoren blåser månestøv utover området. Et av de seks landingsbena har akkurat brukket av.

romfartøyet for øvrig med seg DNA og asken etter over 70 avdøde personer, som dermed ble kremert for andre gang, og på en annen, men desto mer hjemlig klode enn de drømte om før livet ebbet ut.

At man valgte å sendte romfartøyet tilbake til Jorden, skyldtes neppe protestene fra Navaho-indianerne, som mislikte å høre at den, i følge deres tro, hellige månen, skulle besudles med asken etter avdøde mennesker. Mer viktig for NASA var det å ikke risikere at Peregrines kaputte fremdriftssystem kanskje skulle eksplodere og etterlate masse romskrap i bane rundt Månen. Månen har som kjent ingen atmosfære som bremses opp og over tid rensker opp i skrotet som måtte etterlates i kretsløp, og heller ingen radarstasjoner som gjør det mulig å holde oversikt over det.

NASA betalte Astrobotics 108 millioner dollar for forsøket på å få brakt instrumentene sine til Månen med Peregrine. Det er kommet kritikk av NASA om at de var litt vel gniene med sponsingen, som har tvunget Astrobotics og selskapene bak etterfølgende CLPS-prosjekter til å ta potensielt uheldige snarveier.

SLIM

Noe bedre gikk det med årets andre landingsforsøk, med den japanske sonden SLIM, for øvrig enda et eksempel på et fiffig akronym på et romprosjekt, her for det fulle navnet Smart Lander for Investigating Moon. SLIM ble skutt opp fra Tanegashima med en H-IIA-rakett allerede den 6. september 2023, men gikk ikke inn for landing før 19. januar 2024, etter å ha tegnet noen vide, men energivennlige sløyfer rundt Jorden og Månen.

SLIM skulle lande på en ganske spesiell måte. En meter eller så før touchdown skulle sonden vippe omtrent 90° over til siden, til den siden de fem landingsbena (ja, 5) stikker ut fra, som altså er en annen vei enn bremsemo-

torene peker. På motsatt side av landingsbena er sonden kledt med solcellepaneler, som dermed ville vært rettet mot himmelen når sonden var vel nede på denne vanskelige måneoverflaten.

Denne måten å nærme seg problemområdet på fungete muligens på papiret, men ikke på Månen. Der rullet sonden helt rundt, og kom til ro med rakettmotorene pekende rett opp og landingsbena pekende mot den lave, lokale morgensolen. Dermed havnet solpanelene på skyggesiden. Det var minst like ubeleilig som uplanlagt, for kun batterier som strømkilde er ingen varig energiløsning. Det innså også bakkekontrollen, som først hadde jublet over det som så ut som Japans første vellykkede månelanding, på tredje forsøket, men nå fikk det travelt med å finne på noe før batteriene gikk tomme og kanskje ble ødelagt.

Svaret ble å sette sonden i dvale rett før det skjedde, etter å ha samlet inn og overført maksimalt med data i løpet av kun 2½ time på Månen. Deretter var det bare å vente på solen bevege seg over himmelen og håpe på at den på ettermiddagen, lokal månetid, ville begynne å skinne på solpanelene i tilstrekkelig grad til å vekke sonden opp fra de halvdøde og kanskje gi litt bonustid før solen går helt ned over området. Sondene var ikke designet for å overleve den beinkalde månenatten, uansett landingsposisjon.

Solen beveger seg langsomt over månehimmelen. Fra soloppgang til solnedgang tar det 14 (jord-)dager, og månenatten er like lang.

Japanerne har en egen forkjærlighet for små, avanserte dippedutter. En håndfull slike er spredt rundt på diverse asteroider, brakt dit av Hayabusa-prøveretursondene.

SLIM var intet unntak. To såkalte rovere, kalt LEV-1 og -2 (Lunar Excursion Vehicle), ble frigjort rett før landingsøyeblikket. Å kalle dem rovere er muligens å tøyse →



↑ **SKRÅBLIKK:** Måneoverflaten slik det så ut gjennom et kamera på det velte Odysseus.

begrepet. Dette er heller innretninger som benytter forskjellige metoder for å sprette eller vagge mer eller mindre tilfeldig rundt på overflaten, den ene uten engang å utnytte menneskehetens kanskje best utprøvde oppfinnelse: Hjulet.

Det var bilder fra LEV-2 som bekreftet at SLIM står på hodet, med solpanelene tilfeldigvis rettet mot vest, altså der solen går ned. LEV-roverne kommuniserer direkte med Jorden, uten å bruke SLIM som reléstasjon. Det er mottatt data, men ikke bilder fra LEV-1.

Et primært formål med SLIM var å forsøke en presisjonslanding. Sonden skulle selv styre seg ned inntil 100 meter fra det forutbestemte landingspunktet, ved å se og kjenne igjen kratre og andre landskapstrekk kartlagt av Japans tidligere orbitalsonde Kaguya.

Den 25. januar opplyste den japanske romorganisasjonen JAXA at den ene av SLIMs to hovedbremsemotorer sviktet rett før landingen, i en høyde av 50 meter. Bilder tatt under og etter landingen viser at rakettmotorens dyse rett og slett ramlet av, sammen med noen mindre biter. SLIM fullførte nedstigningen med bare én hovedmotor i drift, men denne kunne ikke hindre SLIM i å akkumulere en sidelengs bevegelse og treffe overflaten med en horisontal hastighet på 9 m/s, som er den sannsynlige årsaken til at SLIM umiddelbart stupte kråke.

Til tross for den sideveis bevegelsen, traff SLIM bare 55 meter fra det forutbestemte landingspunktet på den

skrånende innsiden av Shioli-krateret, 13° sør for ekvator. Da motoren sviktet, lå SLIM an til å lande bare tre til fire meter fra målet.

SLIM våknet faktisk opp igjen den 29. januar, slik man hadde et visst håp om, etter at solen hadde beveget seg langt nok over himmelen til at den begynte å belyse solpanelene igjen. De fire påfølgende dagene, før solen gikk ned og sonden ble igjen satt i dvale, ble brukt til å gjøre multispektrale analyser av steiner i området. Observasjonene kan bidra til å kaste lys over Månens opprinnelse.

Selv om SLIM ikke var konstruert for å overleve de 14 dager lange månenettene, har den i skrivende stund våknet opp og kommunisert med Jorden etter to måne-netter på rad.

IM-1 Odysseus

Det tredje månelandingsforsøket i 2024, og andre, skal man si treffet, ble gjort med den amerikanske romsonden Odysseus. For forvirringens skyld er ferden bedre kjent som IM-1, etter selskapet Intuitive Machines som har bygget sonden, mens sonden har modellbetegnelsen Nova-C lander.

Forvirrende eller ikke, Odysseus ble skutt opp fra Kennedy-romsenteret med en SpaceX Falcon 9-bæreraketten den 13. februar 2024.

Odysseus er den andre ferden i CLPS-programmet. NASA betalte Intuitive Machines 118 millioner dollar for å bringe seks instrumenter til Månen. Et formål med sonden var også å teste forskjellig ny teknologi, deriblant flytende metan og oksygen som drivstoff, forkortet methalox. Methalox gjorde det mulig, men også nødvendig, å foreta en forholdsvis rask ferd til Månen, med landing allerede 22. februar. Dette til forskjell fra uker eller måneder som har vært typisk for de senere års månesonder, hvor det har vært viktigere å spare vekt og drivstoff enn tid.

Methalox er mer effektivt enn hypergolsk drivstoff. Sistnevnte består vanligvis av en variant av hydrasin (brennstoff) og nitrogenteraoksid (oksidasjonsmiddel) og brukes nesten alltid i romfartøy på lengre ferder. Men methalox er også kryogenisk, det vil si at det må holdes kraftig nedkjølt, som er vanskelig over tid. Dette i motsetning til hypergolsk drivstoff, som kan oppbevares i romtemperatur. Med rom menes da vanlig innendørs temperatur.

Av nevnte grunn måtte man vente til bare timer før oppskytingen med å fylle drivstoffet på Odysseus, mens den stod innkapslet inni bærerakettenes nyttelastdeksel ute på Oppskytingsrampe 39A. Påfyllingen av methalox krevde at både Falcon 9-bæreraketten og oppskytingsrampen ble modifisert med blant annet nye rørsystemer.

Odysseus ankom Månens nærhet den 21. februar. Da ble sondens rakettmotor avfyrt i 408 sekunder. Det reduserte hastigheten med 800 m/s, slik at den gikk inn i en 92 km høy, sirkulær bane rundt Månen.

Selve landingen måtte utsettes med ett omløp, nær to timer, fordi noen før oppskytingen hadde glemt å skru



← **NESESTYVER:** Selv om den japanske sonden SLIM endte opp med nesa nedi bakken, har den så langt vært operativ over tre månedager. Bildet er tatt av den lille roveren LEV-2 (Lander-eye Viewfinder). En tilsvarende innretning skulle også frigjøres fra Odysseus og filme landingsforløpet fra overflaten, noe som aldri tidligere er gjort under en måneferd. Det tok imidlertid flere dager etter landingen før det ble frigjort fra moderfartøyet, og da fikk det ikke tatt bilder av noen ting.

på sikkerhetsbryteren til en viktig laserhøydemåler. Sikkerhetsbryteren skulle hindre laseren i å kanskje slå seg på og skade synet til noen som arbeidet med sonden før oppskytingen. Laserhøydemåleren skulle brukes under nedstigningen sammen med kameraer, som skulle se ned på måneoverflaten og automatisk dirigere romfartøyet ned til en trygg landing.

Det var helt tilfeldig at man før nedstigningen startet oppdaget at laserhøydemåleren ikke lot seg slå på. Planen var å aktivere laseren først etter at nedstigningen var innledet. Teknikere hos Intuitive Machines fikk imidlertid kastet seg rundt og gjennom oppdatert programvare koblet laserne på et av NASAs seks instrumenter ombord - til fartøyet's landingskontrollsystem.

Romsondens rakettmotor brant kontinuerlig under nedstigningen fra kretsløp til landing, som tok omtrent 12 minutter.

For dem som fulgte live-sendingen av landingsforløpet så det ut til å gå bra inntil mindre enn et minutt før landingen. Da forsvant signalene fra romfartøyet. Det tok flere, nervepirrende minutter før sjefen for bakkekontrollen hos Intuitive Machines kunne bekrefte at svake signaler var blitt fanget opp fra måneoverflaten. Beskjeden ble mottatt med litt forsiktig feiring blant de øvrige i kontrollsenteret. Det etterlot et inntrykk av at man hadde håpet på noe mer.

På live-sendingen var uansett NASA-sjef Bill Nelson raskt på pletten og gratulerte Intuitive Machines, SpaceX og NASA med den første amerikanske landingen på Månen siden Apollo-programmet, og med det som ble kalt historiens første vellykkede månelanding med et kommersielt romfartøy. Også fra presidentkontoret til Joe Biden kom det skriftlige gratulasjoner til Intuitive Machines.

At signalene fra fartøyet forsvant på veien ned og var borte i flere minutter etter landingen, var ikke helt uventet, siden romfartøyet måtte endre stilling på vei ned, og antennene kunne komme til å bruke tid på å rette seg mot Jorden igjen etter landingen.

Landingen fant sted den 23. februar 2024 kl. 00:23 norsk tid (fortsatt 22. februar universaltid og amerikansk

tid), rundt 300 km fra Månens sydpol. Breddegraden for landingsstedet, 80,13° syd, er det sydligste noe romfartøy har landet på Månen. Månens sydpolområde er interessant fordi det trolig ligger vann-is begravd i månestøvet nedi enkelte kratre. Vann-is vil være en meget viktig ressurs for fremtidige bemannede månebasar.

Det ble raskt opplyst at romfartøyet stod oppreist på overflaten. Først flere timer senere ble det klart at også dette hadde veltet etter landingen.

Og først enda noen dager senere ble det kjent for omverden at den avslåtte laserhøydemåleren bare var en av rundt et dusin kriser som Intuitive Machines' bakkekontroll måtte håndtere etter at romfartøyet var koblet fra bæreraketten. Intuitive Machines var langt mindre transparente enn Astrobotics i å fortløpende formidle detaljer utad om problemene de basket med. Det står uansett respekt av hva de fikk til, omstendighetene tatt i betraktning.

Det tok også flere dager før det ble kjent at heller ikke laseren på NASA-instrumentet fungerte sammen med landingssystemet som man hadde håpet etter den raske oppdateringen av programvaren. Resultatet ble at fartøyet i mye større grad måtte basere seg på kameraene under nedstigningen, som dermed endte med at det traff overflaten hardere enn forventet, så hardt at et av de seks landingsbena brakk. På flatmark burde ikke det vært noe problem, men siden Odysseus kom ned i en skråning førte det til at romfartøyet veltet.

Den 29. februar erklærte NASA og Intuitive Machines ferden som fullført og vellykket, etter at fartøyet hadde vært operativt de påkrevde 144 timene på måneoverflaten og overført totalt 350 MegaByte med tekniske og vitenskapelige data fra NASAs vitenskapelige instrumenter, fra før og etter landingen.

At romfartøyet veltet og bare kunne overføre data i lav hastighet til Jorden fra måneoverflaten, ble forbigått i stillhet. I stedet ble erklæringen optimistisk avsluttet med at Odysseus to til tre uker senere, når månenatten er over og solen har posisjonert seg gunstig i forhold til de ikke særlig gunstige posisjonerte solpanelene, kanskje kunne vekkes til live igjen. ●



Slutt for Ingenuity

Øyvind Gulbrandsen

Det lille Mars-helikopteret Ingenuity har gjort sin aller siste flytur. Den fant sted den 18. januar 2024, og endte med at rotoren ble så skadet under landingen at flere flyturer er umulig.

Man antar at helikopterets automatiske navigasjonssystem mistet sporingen da flyruten gikk over noen ganske pregløse sanddyner. Navigasjonssystemet benytter foruten en laserhøydemåler og interne bevegelsessensorer, et nedoverrettet kamera som ser strukturer på bakken. Da kameraet ikke fant noe å feste seg ved, endte flyturen med en røff landing hvor rotorbladene, som må rotere med svært høy hastighet i den tynne Mars-luften, kom borti bakken.

På slutten av flyturen mistet man også kontakten med helikopteret, som kommuniserer via roveren Perseverance, trolig fordi terrenget kom i veien. Slikt har skjedd før og er i seg selv ikke kritisk. Men etter at kontakten ble gjenopprettet den 20. januar, kunne man på bilder av skyggen av et av rotorbladene, tatt av Ingenuity selv, se at en del av bladet var brukket av.

Senere bilder tatt på lang avstand av Perseverance bekrefter ikke bare at tuppen på minst ett av bladene er skadet, men viser at et annet er brukket helt av og ligger slengt på bakken omtrent 15 meter fra helikopteret. Ingenuity har to rotorer som roterer motsatt vei av hverandre på samme aksling, hver rotor har to rotorblader.

Selv om dette selvsagt er litt trist, har Ingenuity vært en enorm suksess sett i forhold til hva NASA opprinnelig forventet. Da håpte man på i beste fall fem korte flyturer i løpet av den omtrent første måneden (30 soler) helikopteret skulle operere på Mars.

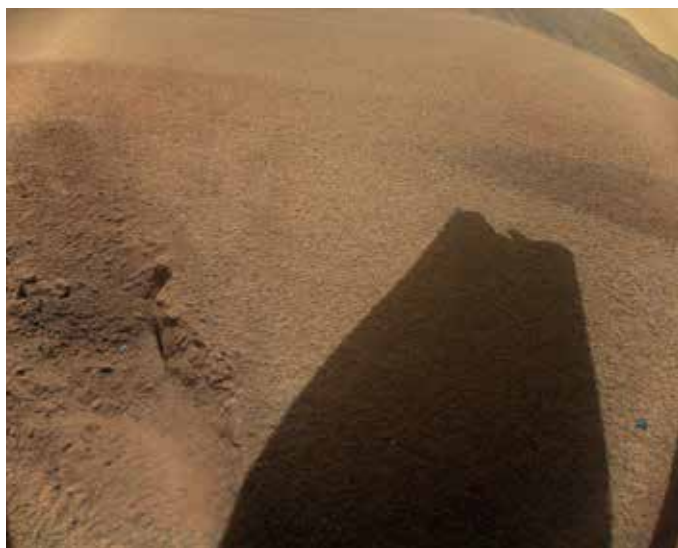
Fasit ble at Ingenuity totalt gjennomførte 72 flyturer, fordelt over 33 måneder, fra det første lille hoppet i april 2021, frem til altså januar 2024. Totalt har helikopteret tilbakelagt 17 km og tilbrakt 2 timer og 8 minutter i lufta, med makshøyde på 24 meter. Oppgavene ble utvidet fra å innledningsvis bare demonstrere at flyturer på Mars er mulig, til å fly rundt, opptil 700 meter om gangen, og kartlegge terrenget for å hjelpe Perseverance med å finne best mulig kjørerute. Sjefspilot for prosjektet har for øvrig vært nordmannen Håvard Fjær Grip.

At Ingenuity har vært til hjelp for Perseverance, er kanskje litt ironisk, siden det var betydelig motstand i teamene bak Perseverance mot å inkludere Ingenuity i prosjektet, som lenge bare var kjent som Mars 2020. Frykten var at Ingenuity ville trekke fokus, tid og ressurser vekk fra Perseverances primære formål: Å finne spor etter tidligere mikrobiologisk liv på Mars. Forslaget om å ta med Ingenuity kom også på et uvanlig sent stadium for et så stort prosjekt som dette. Ingenuity ble til slutt likevel brakt til Mars, montert til undersiden av Perseverance, som landet der i februar 2021, og frigjort fra roveren i april samme år. ●



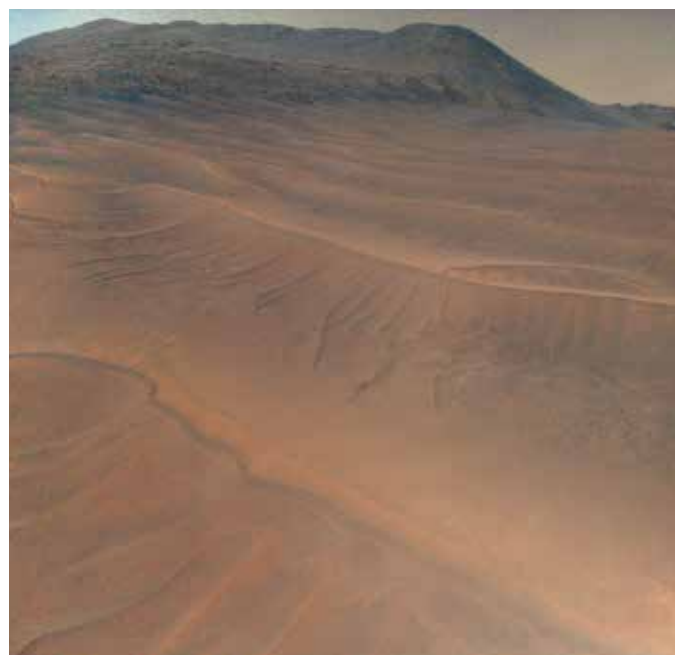
↑ **TEKNISK MIRAKEL:** Ingenuity fotografert av Perseverance i august 2023, mellom flytur nr. 53 og 54. Helikopteret har en høyde på 49 cm og masse på 1,8 kg. Et solcellepanel over rotorene lader opp batterier i helikopteret, som gir energi til rotoren og de øvrige systemene.

↑ **BREAKING BAD:** Et av Ingenuitys rotorblader mangler helt på dette bildeutsnittet, tatt med Perseverances RMI-instrument (Remote Micro Imager) i en avstand av hele 450 meter. Et annet bilde viser det manglende rotorbladet liggende på bakken omtrent 15 meter unna helikopteret. Perseverance er på vei i en annen retning og det er ikke planer om å kjøre roveren nærmere helikopteret.



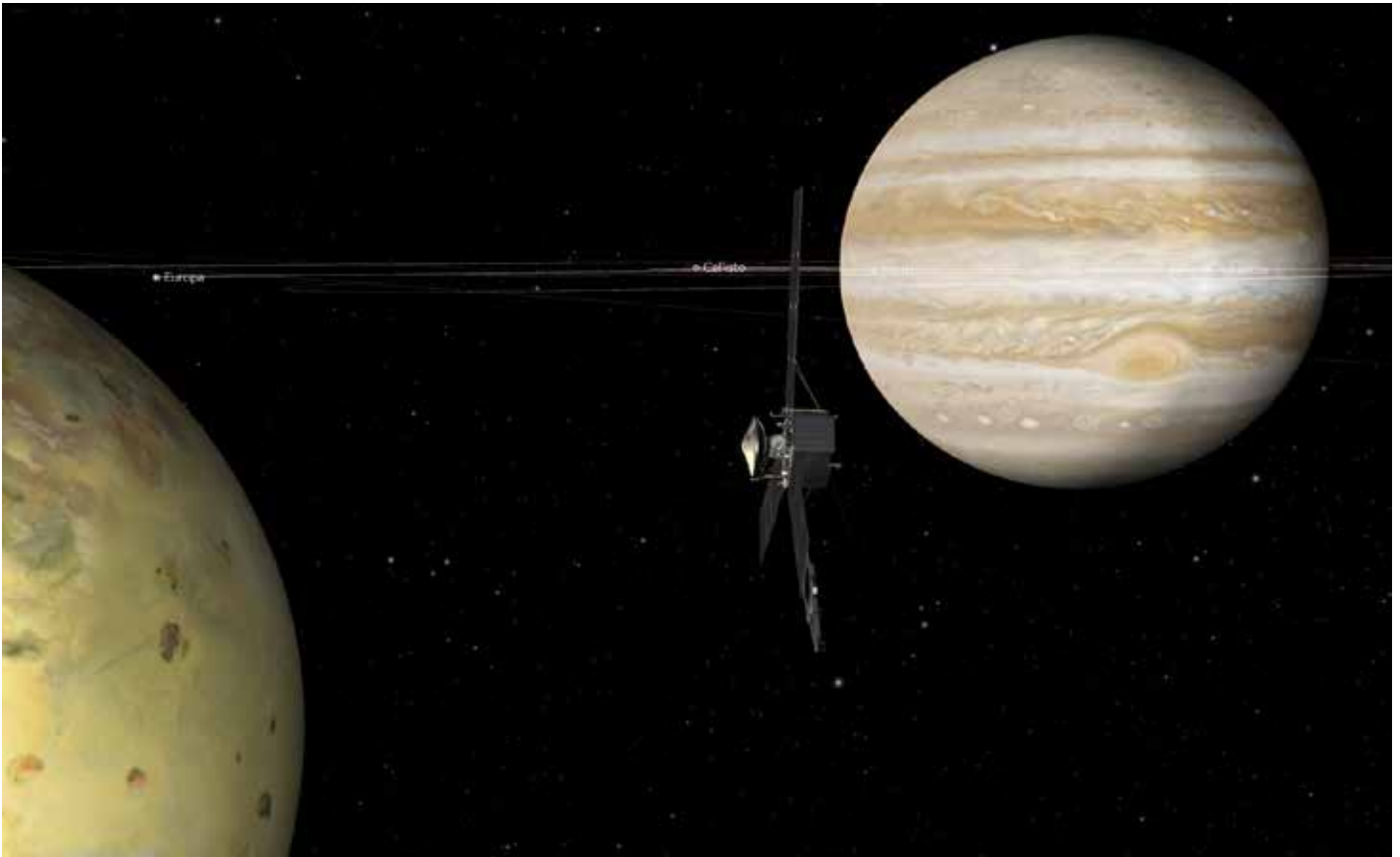
↑ **EN SKYGGE AV SEG SELV:** Skyggen av et av Ingenuitys ødelagte rotorblader, fotografert med et av Ingenuitys egne kameraer.

→ **DUNE:** Disse pregløse sanddynene, fotografert i desember 2023 fra 12 meters høyde under Ingenuitys 70. flytur, viste seg vanskelige å navigere etter for Ingenuitys automatiske navigasjonssystem. Krasjen skjedde i høyre bildekant under den 72. flyturen, fire uker senere.



Juno med nærpaseringer av Io

Øyvind Gulbrandsen



↑ **NÆR:** Simulert bilde av Juno under nærpaseringen av Io (til venstre) den 30. desember 2023. Jupiter til høyre.

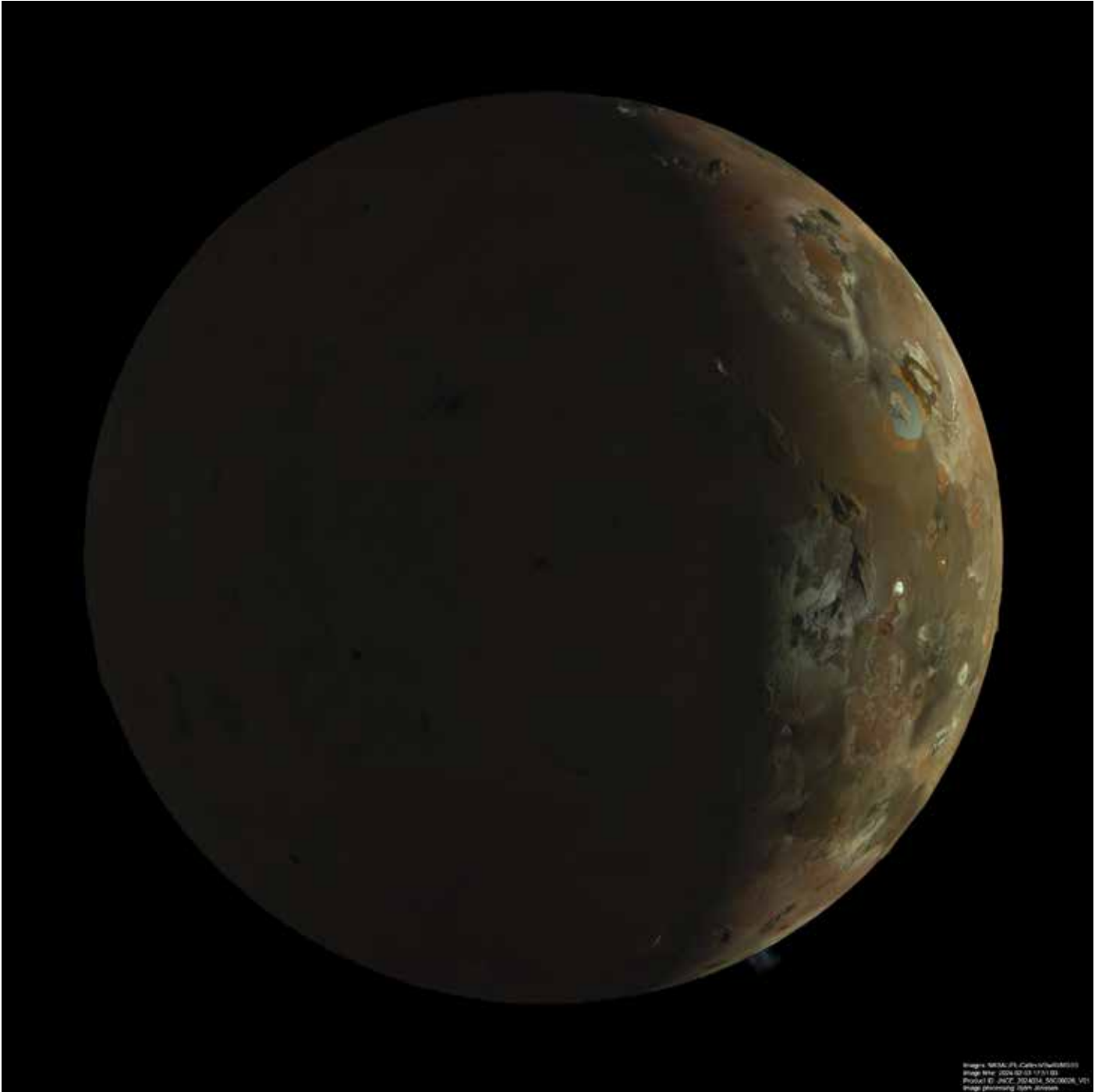
En av mange NASA/JPL-sonder som langt har overgått forventningene er Juno, som ble skutt opp i 2012 og har kretset i bane rundt Jupiter siden 2016. Juno var kun ment å studere selve planeten Jupiter. Men etter den litt uheldige ankomsten, hvor sonden endte i en mye lengre bane enn planlagt, har banen gradvis dreid seg og gjort det mulig å i tur og orden passere tett forbi de tre innerste av Jupiters fire store måner, fra ytterst til innerst: Ganymedes i juli 2021, Europa i september 2022 og nå nylig Io to ganger: 30. desember 2023 og 3. februar 2024, begge gangene i en avstand av 1500 km. Io selv har en diameter på ca. 3640 km, litt større enn Jordens måne, og er så langt man vet den mest vulkansk aktive kloden i Solsystemet.

Junos kamera har kun en kraftig vidvinkel, men de tette passeringene resulterte likevel i bilder med oppløsning på ned til 1 km, de mest detaljerte observasjonene av Ios stadig endrede overflate siden Voyager i 1979 og Galileo i

1999–2002, altså nærmere slutten av sistnevntes ferd.

Juno fortsetter observasjonene av Jupiter så lenge den vil holde i det sterkt strålingsutsatte miljøet, i beste fall frem til den faller inn i Jupiters atmosfære i september 2025. Noen flere like nære månepaseringer vil ikke skje. Ni gradvis fjernere passeringer (16 000 km og mer) av Io vil finne sted fra april og utover.

I juli 2025 vil Juno, dersom den fortsatt fungerer, også få et glimt av Amalthea, Jupiters 5. største måne, i en avstand av rundt 42 000 km. Amalthea kretser innenfor Io, og har en uregelmessig fasong med største lengde på bare rundt 250 km. Dette betyr at den bare vil få en utstrekning på rundt 8 pixler på bildene, som er enda mye dårligere enn de beste bildene man har fra Voyager og Galileo. Junos JIRAM-kamera vil potensielt gi bilder med dobbelt så høy oppløsning, men det virker som dette kameraet har vært ute av drift siden før de siste Io-paseringene. ●



↑ **IO:** Io fotografert fra Juno den 3. februar 2024. Ios nattside er lyst opp av gjenskinn fra Jupiter. Gasser som strømmer ut av en aktiv vulkan, ses nede til høyre. Den lyse flekken midt på den solbelyste sigden er én av flere hvor sollys reflekteres, eller speiles av det som trolig er glassert magma. Under andre belsningsvinkler ser disse flekkene helt sorte ut.

Første vellykkede H3-oppskyting

Øyvind Gulbrandsen

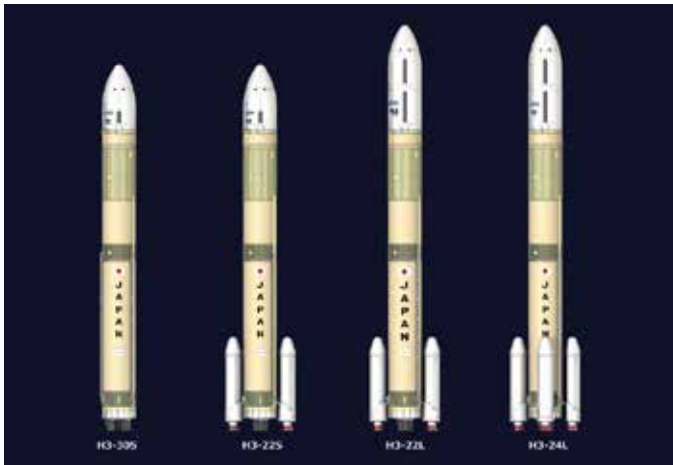


↑ **OPPSKYTNING:** Oppskytingen av den første vellykkede H3-raketten fant sted fra Tanegashima-romsenteret sør for de japanske hovedøyene den 17. februar 2024.

Fire uker etter at JAXA fikk til Japans første i hvert fall noenlunde vellykkede myklanding på Månen, med romsonden SLIM, fikk Japan og JAXA en ny suksess med den første vellykkede oppskytingen av deres nye, store bærerakett H3. Utover to minisatellitter bestod nyttelasten av ballast som skulle simulere en typisk satellitt, samt instrumenter til å måle rakettenes ytelse og oppførsel.

JAXA måtte tåle kritikk etter at de plasserte den store, avanserte og ikke minst kostbare jordobservasjonssatellitten ALOS-3 på den første H3-raketten, som ble skutt opp i mars 2023. Satellitten gikk tapt fordi rakettenes andretrinn ikke tente.

H3, som bygges av Mitsubishi Heavy Industries, er etterfølgeren til H-IIA og sammenlignbar med denne i



↑ **KONFIGURASJONER:** I likhet med flere andre bæreraketter i sin klasse vil H3 vil komme i flere konfigurasjoner, med varierende lengde på nyttelastdekslet, varierende antall faststoffmotorer (0, 2 eller 4) og 2 eller 3 LE-9 rakettmotorer under førstetrinnet. Hovedtrinnene har diameter på 5,2 meter, versjonene med langt (L) nyttelastdeksel en høyde på 63 meter. Den kraftigste versjonen, H3-24L lengst til høyre, har en oppskytingsmasse på 574 tonn. Det finnes ikke entydig informasjon om nyttelastkapasiteten, men den later til å bli rundt 7–8 tonn til geostasjonær overføringsbane (GTO) for H3-24L.

konstruksjon og ytelse, men designet for å være omtrent halvparten så dyr å produsere. Begge raketttypene benytter to trinn drevet av flytende hydrogen og oksygen, med faststoffmotorer påspent førstetrinnet. H-IIA er fortsatt i bruk og består av fire varianter, med faststoffmotorene i forskjellige kombinasjoner. H-IIA er igjen en rimeligere og sikrere etterfølger til den originale H-II. H-II-familien inkluderte i tillegg den kraftigere H-IIB, som eksklusivt ble benyttet til å skyte opp de ni japanske HTV-, eller Kōnotori-forsyningskipene til Den internasjonale romstasjonen i årene 2009–2020.

H3 har altså en ganske lik rolle som Europas Ariane 6 er ment å ha i forhold til arbeidshesten Ariane 5, og i stor grad hva Vulcan Centaur skal være i forhold til Delta IV og Atlas V. Også Ariane 6 skal benytte to trinn drevet av flytende hydrogen og oksygen, og produseres i forskjellige konfigurasjoner, med enten to eller fire faststoffmotorer rundt førstetrinnet. Ingen av bærerakettene nevnt i dette avsnittet er for øvrig gjenbrukbare, verken helt eller delvis.

Med Ariane 6 synes imidlertid Europa å ha påført seg

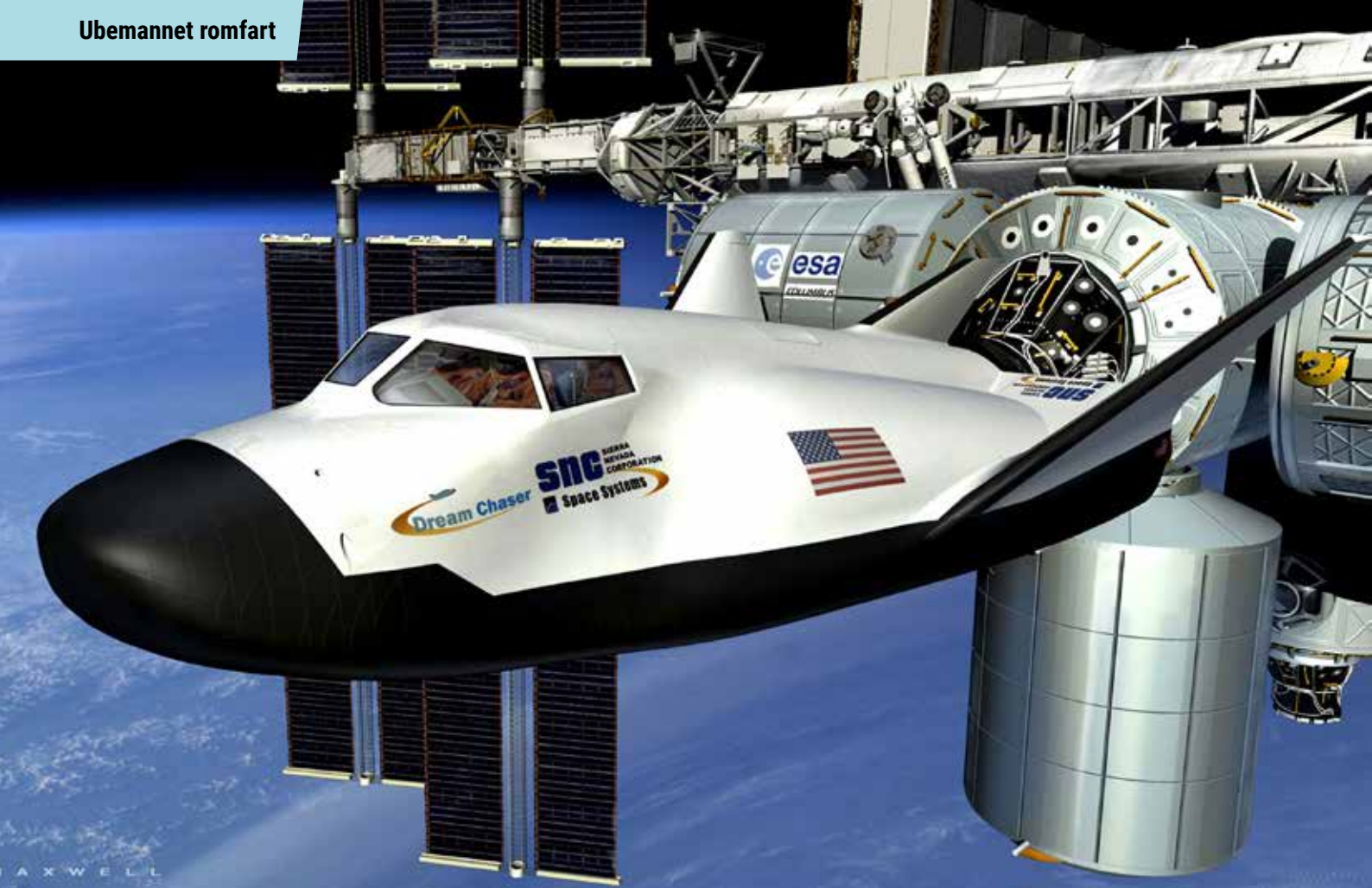


↑ **ARIANE 6:** Den første oppskytingen av Ariane 6, som kan ses som Europas motstykke til H3, er for øyeblikket planlagt til juni 2024.

«H3 har en ganske lik rolle som Ariane 6 er ment å ha.»

selv i hvert fall et streifskudd i foten. Ariane 6-programmet er ikke bare vesentlig forsinket, raketten ser også ut til å være bortimot like dyr å produsere som Ariane 5. Milliarder av euro i utviklingskostnader har gjort lite for å pynte på det regnskapet. Enn så lenge håper man at produksjonskostnadene vil gå ned etter hvert som programmet modnes.

Første Ariane 6-oppskyting ventes nå i juni 2024, fire år etter den opprinnelige planen, som var 2020, og ett år etter den 117. og siste Ariane 5-oppskytingen. I mangel på alternativer har enkelte europeiske nyttelaster i mellomtiden blitt skutt opp med amerikanske raketter, fortrinnsvis Falcon 9, nettopp sånne som Ariane var ment å holde unna ESAs nyttelaster. ●



↑ **TILKOBLET:** Illustrasjon av Dream Chaser tilkoblet Den internasjonale romstasjonen (ISS).

Dream Chaser – del 1

Det første kommersielle romflyet

Per Arne Marthinsen

Romfart nr. 2/2023 ble det antatt at lastefartøyet Dream Chaser DC-101 – Tenacity, fra Sierra Space, skulle sendes opp til Den internasjonale romstasjonen (ISS) i siste halvdel av 2023.

Dream Chaser er et romfly som kalles *lifting body*, med faste vinger, der kroppen er det som produserer selve løftet – i motsetning til fly – som har store vinger med «liten» kropp.

Lifting body var et viktig forskningsområde på 1960- og 1970-tallet med sikte på å kunne bygge et lite og lett bemannet romfartøy. USA bygget et antall slike rakettfly for å teste konseptet, så vel som flere rakettoppskytninger av tilbakevendings-romfartøy som ble testet over Stillehavet. Interessen hos det amerikanske luftforsvaret for bemannede ferder i lav jordbane (LEO) minsket på den tiden, og utviklingen av *lifting body* sluttet da konstruksjo-

nen til romfergen startet, og det ble klart at flykroppen til et romfly gjorde det vanskelig å tilpasse drivstofftanker.

Avanserte romfly-konsepter på 1990- og 2000-tallet brukte *lifting body*-konstruksjonen. Som eksempel kan nevnes HL-20 Personal Launch System i 1990 og Prometheus i 2010.

I februar 2015 hadde ESA et *lifting body*-romfly kalt Intermediate eXperiment Vehicle (IXV), som gjennomførte de første 100 suborbitale minuttene, og hadde en vellykket ferd med landing i Stillehavet. IXV var det første romflyet til å utføre full atmosfærisk tilbakevending fra rommet.

Konkurranse

Dream Chaser var i konkurranse med SpaceX sin Crew Dragon og Boeings CST-100 Starliner for et bemannet romfartøy til ISS i programmet som går under navnet



↑ **HL-20:** HL-20 ble bygget av Langley Research Center i 1990 og er en fullskalamodell. Modellen ble kun brukt til ingeniørstudier, og er direkte utledet av HL-10.

Commercial Crew Integrated Capability (CCiCap). I 2014 tapte de konkurransen – etter at de hadde mottatt 312 millioner dollar for å utvikle sitt bemannede romfartøy.

Grunnen til at de tapte var at NASA mente de ikke ville kunne nå målet for et bemannet romfartøy som var satt til 2017. I ettertid vet vi at hverken Crew Dragon eller CST-100 Starliner nådde målet. Crew Dragon kom først i mai 2020, og en bemannet Crew Flight Test (CFT) av Starliner er først forventet å komme i april i år.

Historien bak Dream Chaser

Dersom du trodde at epoken til gjenbrukbare romfly sluttet med landingen av romfergen Atlantis – STS-135 – i 2011, har du noe annet i vente.

Ikke bare er konstruksjoner av romfly i live, men også i full aktivitet, nå med et spennende og ærverdig ettermæle fra romfergetiden, nemlig romflyet Dream Chaser.

Selskapet Sierra Space sin lille, men mektige Dream Chaser, er nå etter hvert klar til å komme i drift etter mange års utvikling.

Men ikke la deg lure. Dream Chaser er ikke bare frukten av arbeidet til det 21. århundres ingeniører og forskere som ønsket å finne opp «hjulet» på nytt. Opprinnelsen er hentet fra en gruppe av så mange som syv forskjellige konstruksjoner av romfartøy, hvor noen greide å komme opp i luften, og andre ikke.

Dette er historien om romflyet HL-20 Personnel Launch System som NASAs for lengst avdøde romfly, men hvor arbeidet på ingen måte var bortkastet. HL-20

«**Dersom du trodde at epoken til gjenbrukbare romfly sluttet med romfergen, har du noe annet i vente.**»

og Dream Chaser er vanskelig å skille fra hverandre ved første øyekast.

Den største forskjellen er landingssystemet hvor Dream Chaser har en type ski i front istedenfor standard hjul, og mindre tydelig vertikal stabilisator.

Fra den skinnende flykroppen til cockpitens form, og den lille størrelsen til begge romflyene, er det vanskelig å ikke koble historien til Dream Chaser tilbake til HL-20. For å forstå drivkraften bak begge romflyene, er det viktig å huske situasjonen til NASA sent på 1980-tallet.

Denne perioden i NASAs historie dreide seg hovedsakelig om romfergen, etter at president Richard Nixon etter avslutningen av Apollo-programmet hadde kunngjort at romfergesystemet skulle være NASAs prioritet nummer 1.

Det var en tid for mindre årlige budsjetter sammenlignet med de fire-pluss prosentene som NASA tok fordeler av under 1960-tallet. Dette nødvendiggjorde et raskt →



↑ **TEST:** Teknologi-demonstratoren HL-10 fra Langley Research Center. Den første ferden var i desember 1966, og programmet ble avsluttet i 1970.

skifte til fordel for ubemannede satellitter og romsonder.

Under den første tiden av romferge-programmet så NASA for seg en flåte av romferger som kunne gjennomføre 100 ferder, eller mer, per romferge. Virkeligheten ble totalt 135 ferder for de fem som var aktive.

Studier, etter at romfergene gikk i pensjon i 2011, fant ut at på tvers av alle oppskytingene kostet hver oppskytingen 1,6 milliarder dollar. Med den summen er det ikke vanskelig å se for seg at dette i lengden ikke var bærekraftig.

Dette gir mening med tanke på hvorfor NASA, og samarbeidspartnere, så etter et mindre og mer kostnads-effektivt alternativ rundt midten av 1980-tallet.

På samme tid som disse forskningsinitiativene var under arbeid, hadde NASA begynt blueprint-fasen til neste generasjon av en nasjonal romstasjon i LEO, nemlig romstasjonen Freedom.

Muligheten for et lite og kosteffektivt romfly som er i stand til å frakte astronauter og nyttelast opp i LEO med så få problemer som mulig, var ønskedrømmen til økonomene hos NASA.

Uansett, spørsmålet var hvor NASAs ingeniører kunne hente nødvendig inspirasjon til deres nye romfartøy hvor programmet fremdeles var aktuelt.

Til slutt, gnisten kom ikke fra romfergen direkte, men fra noen prototyper av fly og romfartøy konstruert tidligere. Spesielt spesialiserte *lifting body*-fly hvor hele flykroppen, og understellet, utgjorde løftet under flygning, var av spesiell interesse for NASA til bruk som et miniatyr-romfly. Det ble programmet Personnel Launch System (PLS).

Kjente fly som Northrop Corporation sine M2-F2, M2-F3 og HL-10 i 1966, så vel som Martin Mariettas sine X-24 og X-25 i samme tidsrom, viste seg å være vesentlige i utviklingen av NASAs neste generasjon av mini-romferger.

Muligens var det ingen andre romfartøy som spilte en så integrerende rolle for det som til slutt ble HL-20 som Boeing sin X-20 Dynamic Soarer sent på 1960-tallet. Den ble riktignok kansellert under konstruksjonen, men den introduserte en form på et romfly som ikke bare var vik-



↑ **DYNA SOAR:** Boeing X-20 Dyna Soar var det amerikanske luftforsvarets program for utvikling av et romfly som skulle brukes til forskjellige militære oppdrag. Programmet gikk fra oktober 1957 til desember 1963.



↑ **BOR-4:** BOR-4, et ubemannet rakettfly, var et lite romfly som blant annet ble brukt til å teste ut materialer for et varmeskjold til Sovjetunionens romferge Buran på 1980-tallet.

tig for HL-20, men da også for Dream Chaser.

Det vil si at små kompakte romfly som kunne sendes opp med en bærerakett i medium-klassen, ha et møte i LEO med andre menneskelagde objekter, så en tilbakevending gjennom atmosfæren, for deretter å lande som et fly på en rullebane var viktig.

Sovjetunionen hadde samme idé i form av Mikojan-Gurevitsj MiG-105, som senere ble til det ubemannede Bor-4 atmosfæriske testflyet.

Den var en konkurrent bare til Boeing X-20 Dynamic Soarer i forhold til viktigheten til HL-20-programmet. Det har blitt sagt at NASAs ingeniører var veldig inspirert av fotografiene fra Bor-4 da tiden kom for å ferdigstille blue-rinten til det nye romfartøyet.

Ved NASAs Langley Research Center i Hampton, Virginia, begynte arbeidet med å samle inn all inspirasjon til HL-20 for en enkel modell av en prototype som forhåpentlig skulle bringe amerikanske astronauter ut i LEO når det 21. århundre nærmet seg.

I 1990 ansatte Langley Research Center ingeniørstudenter ved North Carolina A&T University, så vel som North Carolina State University for å konstruere en-til en skalamodelle av HL-20 for presentasjon til pressen, og publikum.

Med en lengde på 8,84 meter og et vingespenn på 7,16 meter, når vingetippene er strukket ut, kunne ikke HL-20 ha passet bedre i lasterommet til en romferge, da antatt at vingetippene var trukket inn.

Med en lengde på ni meter og et vingespenn på 7,01 meter, når vingetippenen også her er strukket helt ut, er Dream Chasers dimensjoner innenfor en centimeter av HL-20.

Selv årene før SpaceX og andre private romfartøyer kom på markedet, var det et knippe av medium til tyngre bæreraketter som Delta II, Ariane 4, Atlas 5, og den legendariske Titan III-serien, kunne vært bæreraketter for HL-20.

Planen var et romfly som var i stand til å gjennomføre

forskjellige ferder, som fra et møte med en romstasjon, service på satellitter i LEO, og sette ut en flåte av mikrosatellitter fra sitt lille lasterom.

Som et romfartøy ville HL-20 kunne fylle et gap dersom romferge-programmet skulle befinne seg i et dårlig lys, hvilket de senere hadde med Columbia-ulykken i januar 2003.

I det minste ville NASA da hatt prosjektet dersom det var kommet forbi modellfasen.

NASA ga aldri grønt lys for prosjektet, til tross for forsøk fra private romorganisasjoner som Rockwell International og Lockheed Skunk Works for videre utvikling av prosjektet. Selv et radikalt forslag som å skalere HL-20 med 42 % ved å skape HL-42 konseptet, ble avslått av NASA uten finansiering.

I de fleste saker ville dette ha vært kroken på døren for prosjektet HL-20.

I stedet gikk konstruksjonen inn i dvale for en stund, men lå der som en inspirasjon til et fremtidig romprosjekt, uten virkelige planer for fremtiden.

Det var inntil 2004. Det året startet California-selskapet SpaceDev utviklingen av hva de kalte Dream Chaser. Med basiskonstruksjonen til HL-20 på plass, prøvde SpaceDev, med hjelp av Lockheed Martin, Aerojet, University Colorado i Boulder, og andre, for å ferdigstille det som allerede var startet på.

Med et minimum av modifikasjoner på basiskonstruksjonen, inkludert den fremre bremseskinnen, tok SpaceDev formelen til HL-20 og gjorde den mer praktisk. Så da tiden kom for Sierra Nevada Corporation (SNC) å kjøpe ut SpaceDev sent i 2008, hadde selskapet allerede et knippe med blue-rint til disposisjon for et romfly.

Selskapet SNC sin første oppskyting av Dream Chaser vil skje med den helt nye bæreraketten Vulcan Centaur fra selskapet United Launch Alliance en gang i 2024.

Del 2 ser nærmere på teknologien og fremtiden til Dream Chaser. ●

LOST IN SPACE: Voyager 1 kan ha sendt sine siste data til Jorden og er i ferd med å for alltid forsvinne inn blant stjernene i Melkeveien.



Hva skjer med Voyager 1?

Jan Petter Løberg

I 2023 omtalte vi de seneste nyhetene om Voyager 1 og bestrebelsene for fortsatt å opprettholde kommunikasjonen med romsonden som befinner seg ufattelige 24 milliarder kilometer fra Jorden. Dette har vist seg å by på problemer. I desember i fjor annonserte NASA at signalene som Voyager sendte tilbake til Jorden begynte å svikte. I inneværende måned uttalte teamet som er ansvarlig for romsonden at de fortsatt forsøker å løse problemet. De kan fortsatt «snakke» med datamaskinen om bord, men kommunikasjonen går svært tregt på grunn av den store avstanden. I fjor sendte man oppdatering av programvaren til både Voyager 1 og 2. Fra sendingen startet og til svaret kom fra Voyager 1 tok det 45 timer.

Problemet som ingeniørene arbeider med er en av datamaskinene om bord som har betegnelsen FDS, Flight Data System. Denne kommuniserer ikke tilfredsstillende med romsondens TMU, Telemetry Modulation Unit. Som et resultat av dette kan ikke Voyager 1 sende vitenskapelige- eller tekniske data tilbake til Jorden. Dette til tross for at man kan sende informasjon til romsonden, som i skrivende stund befinner seg 162 astronomiske enheter fra Jorden. En astronomisk enhet er avstanden mellom Jorden og Solen.

Problemet med FDS startet tidlig i 2023, da TMU-enheten begynte å sende tilbake uforståelige signaler. En av hovedoppgavene til FDS er å samle informasjon om romsondens tilstand generelt og teknisk status. Informasjonen lagres og sendes i en felles datastrøm, og sendes til Jorden via TMU i binærkode med nuller og ett-tall. Dette har gjennom hele romsondens ferd gått meget bra, men nå er mesteparten av dataene man mottar uforståelig

informasjon. Ingeniørene har slått hele datasystemet av og på uten at det har løst problemet.

Tidlig i februar har prosjektlederen for Voyager, Suzanne Dodd, uttalt at ingeniør-teamet muligens har lokalisert problemet med FDS. Teorien går ut på at problemet er en defekt bit i hukommelsen til FDS. I og med at FDS og TMU samarbeider om å sende statusinformasjon om romsondens tilstand, har ingeniørene hatt en vanskelig jobb med å finne ut nøyaktig hvor den defekte bit'en befinner seg.

Imidlertid vet man at Voyager 1 er i live, fordi man hele tiden mottar et bæresignal som ikke inneholder data, men som kan karakteriseres som et hjerteslag. Det kan også nevnes at romsonden hadde problemer tilbake i 2022, da kontrollsystemet oppfattet at antennen ikke lenger pekte i riktig retning mot Jorden. Det samme skjedde i 2023 med Voyager 2.

Situasjonen med Voyager 1 er foreløpig ikke avklart, men man håper fortsatt på at problemet vil løse seg slik at man kan opprettholde kommunikasjonen med romsonden. Forskere som har fulgt Voyager 1 gjennom heliosfæren, håper å kunne få informasjon om hvordan magnetfelt og partikkelstrømmer forandrer seg når romsonden beveger seg inn i det interstellare rom. I påvente av at problemene løser seg er flere av romsondens systemer i mellomtiden avslått for å spare strøm.

Romsondene Voyager 1 og 2 var begge antatt å skulle være aktive i fem år etter oppskyting i 1977. Ingen andre romfartøy som har forlatt Jorden har vært operative så lenge, og NASA bruker mye ressurser på fortsatt å holde begge romsondene i live, i første omgang frem til 2025. ●



← **VOYAGER-SONDEN:** Flere instrumenter er plassert på plattformen øverst til høyre. Datamaskinene, som nå forårsaker problemer, i tillegg til flere andre instrumenter, befinner seg i hoveddelen av romsonden – under antennen.

Voyager: Bakgrunn

Voyager 1 ble skutt opp i september 1977, i skrivende stund altså for 46 ½ år siden, og fjerner seg fra Solen med en fart på 17 km/s. Ikke bare er sonden nå den fjerneste menneskelagde gjenstand i rommet, den er også et av de romfartøylene som har fungert absolutt lengst.

Det er nettopp avstanden til Jorden og Solen på rundt 24 milliarder km fra (162 AU) som gjør Voyager 1s observasjoner av magnetfelt, plasma, ladde partikler og kosmisk stråling så enestående og interessante for forskerne, og som er årsaken til at NASA har sørget for å lese ned data fra den, og fra tvillingsonden Voyager 2, i mange timer hver dag, år ut og år inn. Nntil det da skar seg for Voyager 1 den 14. november 2023. Det kan gå generasjoner før et nytt romfartøy sender observasjonsdata om rommiljøet fra så langt unna oss.

NASA sier de nå regner det som lite sannsynlig at man vil få brakt Voyager 1 tilbake til sans og samling, og håpet svinner for hver uke som går uten gjennombrudd.

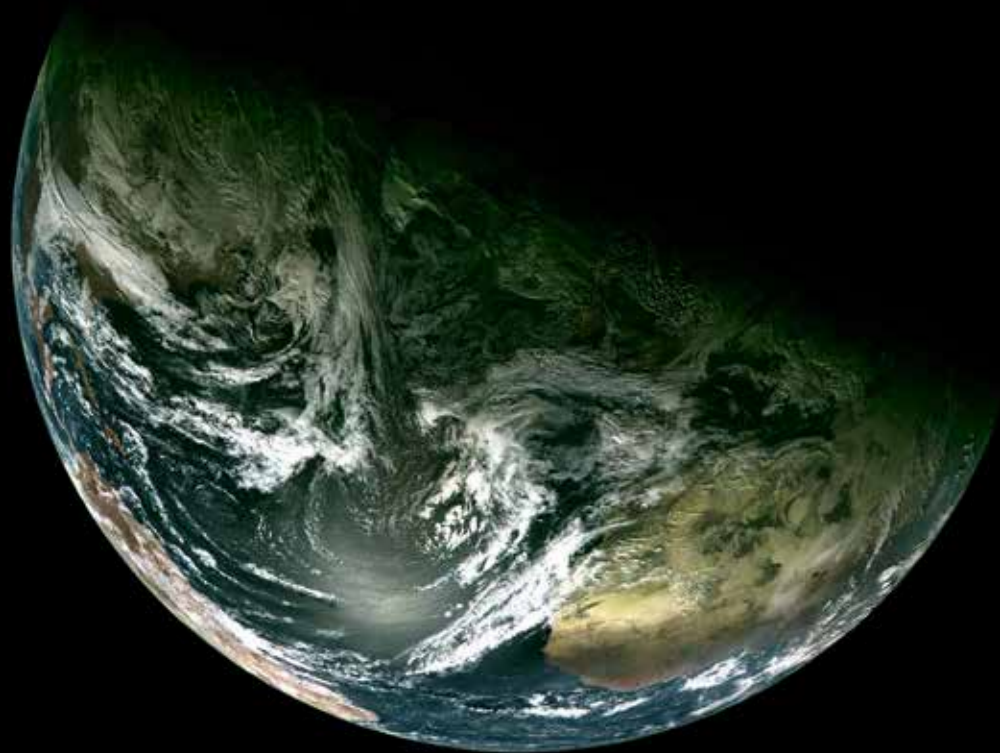
Voyager 2, som ble skutt opp 16 dager før (ja, før) Voyager 1 fungerer fortsatt som den skal, men beveger seg litt langsommere utover og er hittil kommet «bare» 20 milliarder km (136 AU) fra Jorden. Den vil antakelig slutte å fungere før den når ut til en avstand tilsvarende Voyager 1. Voyager 2 beveger seg også i en annen retning enn Voyager 1. Avstanden mellom Voyager 1 og 2 er større enn avstanden mellom dem og Jorden. Voyager er sammen med New Horizons, som ble skutt opp i 2006 og

passerte Pluto i 2015, de eneste fungerende (mer eller mindre) romfartøylene som er på vei bort fra Solsystemet for alltid. De to andre, for øvrig langt enklere romsondene som også er på vei bort, Pioneer 10 og 11, sluttet å fungere for mellom 20 og 30 år siden. Disse ble skutt opp på første halvdel av 1970-tallet og var de første til å passere henholdsvis Jupiter og Saturn.

Voyager-sondene passerte Jupiter i 1979 og Saturn i hhv. 1980 og 1981. Sondene var konstruert for å vare i kun fem år. Likevel fulgte Voyager 2 opp med en svært vellykket passering av Uranus i 1986 og en like spektakulær av Neptun i 1989. Dette var mulig med en og samme sonde fordi alle de ytre, store planetene da var unikt posisjonert i forhold til hverandre, noe som litt forenklet sagt kun skjer med nærmere 180 års mellomrom. Forenklet fordi planetene selvsagt ikke ikke posisjonerer seg likt hvert 180. år, men det forteller at man må tilbake til rundt år 1800 for at en ferd tilsvarende Voyager 2s teoretisk kunne vært gjennomført.

Voyager var først med å gi oss detaljert kunnskap om disse fire planetene og mange av deres måner. Siden har sondene bare fortsatt utover. I 1990 gikk programmet over i en ny fase, kalt Voyager Interstellar Mission, med fokus på å observere rommiljøet i Solsystemets ytterkanter og over i det interstellare rommet. Sondene passerte den viktigste grensen mellom disse, den såkalte heliopausen, i henholdsvis 2012 og 2018 og henholdsvis 122 og 118 AU fra Solen.

New Horizons er nå 59 AU fra Jorden og vil ikke passere heliopausen før om 15–20 år. *Øyvind Guldbrandsen*



Arktika-M No. 2

Den russiske værsatellitten, eller meteorologiske satellitten Arktika-M No. 2, ble skutt opp fra Bajkonur i Kazakhstan med en Sojuz-2.1b-rakett den 16. desember 2023. Arktika-M No. 2 vil utfylle observasjonene til tvillingsatellitten Arktika-M No. 1, som ble skutt opp i februar 2021. Arktika-satellittene er de første meteorologiske satellittene som kretser i såkalte Molnija-baner, dvs. svært avlange baner på $1400 \times 38\,900$ km/ $63,3^\circ$ inklinasjon, med omløpstid på 12 timer.

Apogeum, altså høyeste punkt i banen, ligger over 63° nordlig breddegrad. Rundt apogeum har Arktika-satellittene vesentlig bedre oversikt over de arktiske områdene og omgivelsene, inkludert Skandinavia, enn typiske geostasjonære værsatellitter har.

Hver Arktika-satellitt observerer de arktiske områdene i omtrent 8 timer av hvert omløp, før de svinger «under» den sydlige halvkulen og starter på et nytt omløp. Med to satellitter unngår man opphold i observasjonene. Det gir bedre kontinuitet i dekingen av de

nevnte områdene enn USAs og ESAs meteorologiske satellitter i polbane har. Sistnevnte passerer over polområdene ca. 14 ganger i døgnet, og kretser også i relativt lave høyder på under 1000 km, som gir noe begrenset synsfelt over jordkloden som helhet.

Ifølge det russiske nyhetsbyrået TASS ventes en full konstellasjon på fire Arktika-satellitter å være utplassert i 2031.

Dette bildet er det første som er publisert fra Arktika-M No. 2. Det ble tatt 15. januar 2024 kl. 16:00 norsk tid, altså nær en måned etter oppskytingen. Bildet er tatt i grønt, dyp rødt og nær infrarødt lys og gjengitt i tilnærmet naturlige farger. Den tydeligste landmassen er Sahara til høyre. Nord-Amerika skimtes under skyene til venstre. Også Europa er nesten helt og holdent dekket av skyer. En flik av Grønlands sydspiss stikker ut ved terminatorlinjen nær midten av jordskiven. Siden bildet er tatt midtvinters er de nordlige områdene av kloden nødvendigvis dårlig belyst. Det vil endre seg betydelig i løpet av våren og enda mer til sommeren.