

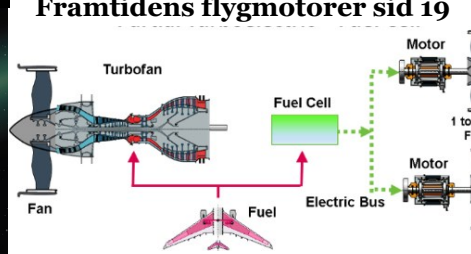


# BEVINGAT

Nr 1/2023

FLYG- OCH RYMDTEKNISKA FÖRENINGEN

Redaktör: Ulf Olsson (ulf.olsson.thn@gmail.com)



Vill du se tidigare nummer av Bevingat, veta mer om Flygtekniska Föreningen eller bli medlem?

Gå då till: <http://ftfsweden.se>



Candy i kloakerna Sid 34

## Bland nyheterna

Gripen i Brasilien .....	24
GKN i Ariane 6 .....	25
Sverige satsar på el .....	26
Världens största flygplan .....	27
Cyberkrig i Europa .....	28
NASAs nya rymdteknik .....	29
Kinas smygflygplan .....	30
Heart med New Zealand .....	31
Indien är framtiden .....	32
Robotödla för Mars .....	33

## Vad hände år 2022

### Flygmarknaden återhämtade sig

En stark och växande global efterfrågan på flygresor efter upphävandet av flygrestriktionerna i de flesta länder drev den globala flygindustrins fortsatta återhämtning från effekterna av covid-19. Efter en minskning med 70 % av flygverksamheten och en minskning av passagerarna med 90 % under första halvåret 2020 var flygandet i mitten av 2022 nära nivåerna före pandemin. I juni beräknade International Air Transport Association totalt 3,8 miljarder passagerare för året, 83% av nivåerna före pandemin, och en rekordhög flygfraktyvolym på mer än 68 miljoner ton. Antalet fligheter minskade dock fortfarande något på grund av flygbolagens problem med besättningar och flygkontrollpersonalens utmaningar, vilket ledde till ett stort antal förseningar, inställda flyg och andra störningar över hela världen.

Den globala flygindustrin gjorde en förlust på 9,7 miljarder dollar 2022, ned från 42,1 miljarder dollar 2021. Endast regionen Nordamerika förväntades uppnå vinst med uppskattningsvis 8,8 miljarder dollar.

### Kapplöpningen mot Månen inleds

I november sköt NASA upp en Space Launch System-raket och en Orion-kapsel med European Service Module för Artemis I-uppdraget runt månen. Orion återvände till jorden i december och testade sitt återinträdessystem som förberedelse för en liknande flight med två astronauter 2024.

NASA: s CAPSTONE (Cislunar Autonomous Positioning System Technology Operations and Navigation Experiment) anslände i november till sin bana vid månen. Med detta cubesat-experiment planerar NASA att lära sig att operera i denna omloppsbana innan den så kallade Gateway-rymdstationen skickas dit som en hållplats för framtida trafik till månen.

### Vi spanade efter universums födelse

Efter en serie omloppshöjande manövrar nådde James Webb Space Telescope, ett gemensamt projekt av NASA, European Space Agency och Canadian Space Agency, sin destinationsbana L2 Lagrange Point runt solen i januari. Webbteleskopet sköts upp den 25 december 2021 ombord på en Ariane 5-raket från Europas rymd-

hamn i Franska Guyana. Vid ankomsten utförde Webb en sekvens av idrifttagningsoperationer inklusive att veckla ut ett parasoll i tennisbanastorlek, fälla ut och exakt anpassa sin primära spegel med 18 segment och slå på, kyla och kalibrera en rad kraftfulla vetenskapsinstrument. I juli släppte USA:s president Joe Biden den första av en serie fullfärgsbilder tagna av Webb.

Webb-teleskopet föreslogs ursprungligen 1996 och utformades för att utforska de tidiga faserna i kosmisk historia med en primär spegel sex gånger större än Hubble.

NASA: s rymdteleskop Hubble gjorde en rekordupptäckt genom att upptäcka den mest avlägsna stjärna, som någonsin setts. Den nyupptäckta stjärnan är så avlägsen att dess ljus tog 12,9 miljarder år att nå jorden, vilket innebär att den kom till inom de första miljarder åren efter universums födelse i Big Bang.

### Vi fick internet från rymden

I augusti sköt SpaceX upp den 3 000:e Starlink-satelliten för sin bredbandskonstellation med låg omloppsbana runt jorden. Företaget registrerade "nästan" 500 000 Starlink-användare i 32 länder i juni med tillgång till specialiserade terminaler och tjänster för flygplan, fartyg, stora lastbilar och husbilar.

I april tillkännagav Amazon avtal med Arianespace, Blue Origin och United Launch Alliance om sammanlagt 83 uppskjutningar av sin planerade konstellation Project Kuiper. Uppskjutningarna skall genomföras under en femårsperiod för att skicka majoriteten av de 3 236 Kuipersatelliterna till LEO.

I oktober hade OneWeb skjutit upp 70% av sin första generations konstellation av 648 satelliter. Arianespace-raketer sköt upp dessa satelliter från Kosmodromen i Bajkonur, men Rysslands invasion av Ukraina fick OneWeb att i mars avbryta de återstående sex planerade uppskjutningarna. OneWeb tecknade senare avtal med NewSpace India Limited, den kommersiella delen av den indiska rymdforskningsorganisationen, och återupptog uppskjutningarna i oktober.

Cyberattacker riktade mot rymd- och flygsektorn har ökat i flera år, men året började med en levande illustration av deras verkliga konsekvenser. Den 24 feb-



ruari, timmar innan ryska styrkor invaderade Ukraina, avbröt en cyberattack Viatsats satellitbredbandstjänst. Flera tusen modem i Ukraina och tiotusentals över hela Europa kopplades bort från KA-SAT-nätverket efter att en angripare skickat kommandon till dessa modem via satellit.

### Rymdskräp blev ett växande problem

Med det ökande antalet satelliter, ökade också behovet att säkert få bort gamla satelliter ur bana. Under det EU-finansierade projektet Stardust Reloaded utvecklade forskare vid University of Strathclydes Aerospace Centre of Excellence, eller ACE, i Skottland tekniker för långsiktig spårning av rymdobjekt i närvaro av flera källor till osäkerheter och störningar.

Europeiska innovationsrådet tilldelade i september 2,5 miljoner euro till E.T.PACK-initiativet genom sitt EIC Transition-program, som finansierar ny teknik för att få ut den på marknaden. Electrodynamic Tether Technology for Passive Consumable-less Deorbit Kit-Fly, eller E.T.PACK-F, är den naturliga fortsättningen på det EU-finansierade E.T.PACK-projektet, som avslutades i november efter att ha utvecklat en prototyp av en deorbitanordning baserad på elektrodynamisk tether-teknik. Med en orbital demonstrations-flygning planerad till 2025 är målet för E.T.PACK-F att designa, tillverka och prova ett deorbitssystem, som kommer att innehålla en aluminiumtejp som är cirka 2 centimeter bred och 500 meter lång för elektrodynamisk framdrivning och stabilisering. E.T.PACK-F-konsortiet samordnas av Universidad Carlos III de Madrid, universitetet i Padova, tekniska universitetet i Dresden, det spanska företaget SENER Aeroespacial och den tyska start-upen Rocket Factory Augsburg.

Flera sådana här aktiviteter pågår runt om i världen t ex av det japanska företaget Astroscale.



## Kravet på miljövänliga flygplan blev starkare.

I juni rapporterade IATA att mer än 1 200 nya bränsleeffektiva flygplan var planerade att levereras till flygbolagen i år. I oktober antog medlemsstaterna i Internationella civila luftfartsorganisationen ICAO målet att uppnå nettonollutsläpp av koldioxid senast 2050, ett mål som IATA:s medlemsflygbolag hade förbundit sig till redan i oktober 2021.

## Enklast är att använda miljövänlig fotogen

Året fortsatte mark- och flygprovning av gasturbinmotorer och flygplan för drift på 100% hållbara flygbränslen, SAF, härrörande från icke-petroleumbaserade bränslekällor. Utvalda konverteringsprocesser är för närvarande godkända för upp till 50% blandning med traditionella petroleumbaserade jetbränslen.

## En annan lösning är att ersätta fotogen med väte.

I en rapport från januari uppskattade tankesmedjan International Council on Clean Transportation att ersättning av alla passagerarflygplan med vätedrivna flygplan till 2050 skulle kunna minska, men inte eliminera, koldioxidutsläppen med 31 % av de beräknade nivåerna för 2035.

I februari meddelade Airbus att de skulle konvertera sin första A380 som någonsin producerats, MSN1-provflygplanet, till ett flygande laboratorium för att demonstrera och mogna väteteknik att integreras i kommersiella flygplan, som förväntas börja användas runt 2035.

GE och Safran, genom sitt dotterbolag CFM International, kommer att utveckla en vätgasförbränningsmotor för programmet. Olika företag, inklusive H2FLY, GKN Aerospace, Pipistrel och Zero Avia utvecklar också prototyper med leveransdatum mellan 2023 och 2035. I juli tillkännagav Rolls-Royce ett partnerskap med easyJet i Storbritannien för att utveckla en vätgasförbränningsmotor

I juli beskrev det EU-finansierade projektet Enabling Cryogenic Hydrogen-Based CO2-Free Air Transport, eller ENABLEH2, sina framsteg med att utrusta ett Britten-Norman Islander-flygplan med vätedrivna bränsleceller. Forskarna undersöker bränslevärmehantering och en diffusionsbaserad mikromixförbränning av väte för att undvika flashback och självantändning. Enligt

planerna ska det certifieras av Europeiska unionens byrå för luftfartssäkerhet EASA senast 2025 och en andra generation utrustas med supraledande turboelektrisk framdrivning.

Airbus och Linde undertecknade ett samförståndsavtal för att utveckla vätgasinfrastruktur på flygplatser över hela världen med pilotprojekt, som ska inledas på utvalda flygplatser i början av 2023. Även i juni tillkännagav Air Liquide och Groupe ADP en liknande satsning.

I april flög den Stuttgart-baserade bränslecellsutvecklaren H2FLY sina vätgaselektriska HY4-provflygplan på en höjd av 7230 fot, vilket företaget tror är ett världsrekord.

Ett problem är att lagra väte i flygplan, eftersom det kräver stor volym. Boeing började i år analysera resultaten av 2021 års tryckprov av en 4,3 meters diameter kryogentank. Konstruktionen kan leda till lättare bränsletankar för raketer och passagerarflygplan, vilket ökar mängden nyttolast och passagerare som kan transporteras

## För kortare distanser är också elflyg möjliga.

Elektrisk framdrivning fortsatte att göra inbrytningar på den vanliga marknaden för allmänflyg. I april tillkännagav Österrike-baserade Diamond Aircraft och Frankrike-baserade Safran ett samarbetsavtal för att utrusta Diamonds certifierade DA40 lätta flygplan med Safrans ENGINeUSTM elmotor. Certifieringen av elmotorn är planerad till mitten av 2023. Diamond siktar på slutet av 2023 eller början av 2024 för grundläggande EASA-certifiering av den elektrifierade DA40.

I januari lanserade Nordic Air Racing Team sina elektriska tävlingsflygplan för första gången som en del av sitt försök att tävla i Air Race E-tävlingen 2023. I april flög ett helt brittiskt team under ledning av Cranfield University ett tvåsitsigt flygplan som drivs av en elmotor, Sherwood eKub, som en del av ett pågående forskningsprogram för elflygplan. I september flög Washington-baserade Eviation Aviation sina Alice-helelektriska flygplan för första gången under åtta minuter på Grant County International Airport i Washington.

## Flygtaxi var på gång

Spänningen kring elektrifierad flygplans-teknik fortsatte att växa när utvecklings- och provprogram uppnådde nya milstol-

par. Hittills har mer än 670 nya elektriska vertikala start- och landningsfarkoster föreslagits av uppfinnare, entreprenörer, nystartade företag och välfinansierade företag, vilket gör detta till en potentiellt dominerande form av luftburna transporter i framtiden. Enligt marknadsundersökaren Research Dive kan eVTOL-marknaden runt om i världen generera 4.2 miljarder dollar i intäkter år 2033.

Tillverkare av eVTOL-flygplan fortsatte att arbeta med FAA och EASA för att göra framsteg mot certifiering. I maj tilldelade FAA ett Air Carrier Certificate till Joby Aviation i Kalifornien, vilket gjorde det möjligt för företaget att inleda kommersiell verksamhet med flygplan med fasta vingar som förberedelse för framtida passagerarflygtaxi.



I maj slutförde svenska Jetson of Sweden den första flygningen med sina ultralätta Jetson One-flygplan och i juni genomförde Tysklandsbaserade Volocopter in- vingen av sin fyrsitsiga VoloRegion-flygtaxi för regionala flygningar, efter att man slutfört den första flygningen av en fullstor prototyp av tvåsitsiga VoloCity i december 2021.

Också i juni flög Elektra Solar i Tyskland sitt tvåsitsiga flygplan för första gången på en 20-minuters flygning. I januari gjorde Zeva i Washington den första obundna flygningen av sina elektriska vertikala start- och landningsflygplan. I juni slutförde Israel-baserade Air en serie svävar- tester med sin Air One-prototyp som förberedelse för pilotflygningar i början av nästa år.

Tysklandsbaserade Liliums elektriska teknikdemonstrator Phoenix 2 passerade en betydande milstolpe i maj när det obemannade flygplanet övergick från svävar till bevingad flygning i Villacarrillo, Spanien. Därmed togs ytterligare ett steg mot passagerarflyg ombord på dessa avancerade luftmobilitetsflygplan.

## År 2022

### Hur som helst behöver man effektiva flygplan

Institutet för kompositstrukturer och adaptiva system vid det tyska flyg- och rymdcentret, DLR slutförde i juli tillverkningen av en morphing wing trailing-edge demonstrator för fluid-aktiverad formning av vingar. Vingen har metallförstärkta elastomera hydraulkammare som deformeras under fluid trycksättning. Demonstratorn på 1 meter tillverkades av TU Braunschweig under Europeiska unionens Clean Sky 2-program och består av fiberoptiska formsensorer för sluten slingstyrning, levererad av PhotonFirst. DLR planerar att slutföra provningen i mitten av 2023.

Forskare vid Delft University of Technology tillverkade också en smart vingsektion i strävan efter ultralätta strukturer och hållbar luftfart. I april och augusti genomförde de vindtunnelprov av sektionen, som består av en kontrolllyta och spoiler för att testa aktiv aeroelastisk kontroll inklusive fysikbaserade och datadrivna olinjära algoritmer.

I juli avslutade Airbus och University of Michigan en femårig forskningsinsats om nya metoder för att optimera mycket flexibla, high-aspect-ratio vingar. Forskningen omfattade tillvägagångssätt för hantering av modeller med variabel komplexitet samtidigt som man beaktade icke-linjär dynamisk aeroelasticitet

I januari genomförde Airbus också den första flygningen av sitt C295 Flying Test Bed 2 forskningsflygplan med halvflexibla vingar.

Airbus slutförde också vindtunnelproven på den skalade modellen av sin eXtra Performance Wing-demonstrator i låghastighetsvindtunneln i Filton, England. Vingen kommer att användas på en Cessna Citation VII affärsjet under representativa förhållanden, med en första flight i början av 2024. Vissa nyckelteknologier introducerades i mindre skala genom Airbus AlbattrossONE-projektet, som 2020 provade semi-aeroelastiska gångjärnsvingar, som läses upp under flygning när de upplever vindbyar eller turbulens.

NASA studerade nya flygplanskonfigurationer och utförde den första systembulerbedömningen av ett Transonic Truss-Braced Wing-koncept och publicerade resultaten i juni. Arbetet belyste den potentiella bullerfördelen med en TTBW i förhållande till konventionella rör- och vingkonstruktioner, som härrör från det

högre lyft-till-motståndsförhållandet och förbättrade aeroakustiska installationseffekter från flygplanet. Uppsatsen, som presenterades vid AIAA/CEAS Council of European Aerospace Societies Aeroacoustics 2022-konferens, innehåller en färdplan för att uppfylla NASA:s bullermål via brusreduceringsteknik och skisserar en väg till ytterligare brusreducering för TTBW-designen.

I början av året använde forskare vid German Aerospace Center, DLR, artificiella neurala nätverk för att analysera vakvirlar som genererats av flygplan, som landat på Wiens internationella flygplats i Österrike, och publicerade i april de första resultaten i tidskriften Optics Express. Vakvirlar från föregående flygplan kan orsaka att följande flygplan upplever oväntad rullning, höjdförlust eller till och med strukturell stress och kräver därmed separationsavstånd mellan landningsflygplan, som begränsar landningsbanans genomströmning på upptagna flygplatser.

Under året och för första gången användes RUAG-vindtunneln i Schweiz för att utföra en jämförande aerodynamisk studie av modeller och fullskaliga propellrar. Projektet utfördes i samarbete med Textron Aviation och McCauley Propeller Systems.

Den europeiska transoniska vindtunnelns Lean Secondary Roll Mechanism fortsatte att demonstrera girkapacitet på vingnivå sedan den togs i drift 2021. ETW och German Aerospace Center slutförde prov i mars och oktober för att förse forskningsinstitutet och universitetet med en omfattande datauppsättning för att validera beräknings- och fluiddynamikkoder med hjälp av standard kraft- och tryckmätningstekniker samt transienta kryogena tryckkänsliga färgmätningar med hög bildhastighet upp till 2 kilohertz.

### Överljudsplan ville komma tillbaka

Under året gjordes betydande framsteg inom forskning och kommersiell design för att föra supersonisk flygning tillbaka till kommersiell tjänst. I USA, Europa och Asien tog akademi, forskningsinstitutioner och industri itu med tre stora utmaningar: demonstrera koncept med låg flygbang, minska landnings- och startbuller och minska utsläppen.

Med sin supersoniska demonstrator X-59 utvecklad under sitt Quesst-program planerar NASA att testa teknik för att tillåta supersonisk flygning över land. Under året fortsatte också det EU-finansierade forskningsprojektet Seneca om buller och ut-



släpp från överljudsflygplan att modellera motorutsläpp, landnings- och startbuller och den globala miljöpåverkan av överljudsflygplan.

Boom Supersonic tog ett kommersiellt tillvägagångssätt med sin Overture-jet för att hjälpa till att lösa buller-, hastighets- och kostnadsutmaningarna, som hindrade Concorde-flygplanen från att bli en framgång. En vanlig designfunktion med Overture och X-59 är att de mycket svepta och släta flygkropparna kräver syntetisk syn för att piloten säkert ska kunna flyga flygplanet.

### Men också luftskeppen

I juni meddelade Hybrid Air Vehicles, HAV, i Storbritannien att de hade fått en lanseringskund för sitt Airlander 10 luftskepp. Det spanska regionala flygbolaget AirNostrum reserverade tio exemplar, var och en för att transportera 100 passagerare och operera på kortdistanslinjer mellan europeiska städer. Produktionsversionen av Airlander 10, som ännu inte har tillverkats, har en nyttolast på 10 ton och en räckvidd på 7 400 kilometer. HAV tillkännagav också ett partnerskapsprogram för Airlander 50, en framtida lastversion som kan bära en nyttolast på 50 ton.

I augusti flög den franska rymdorganisationen CNES en serie forskningsballonger från den stratosfäriska ballongbasen i Timmins i Ontario, Kanada. Forskare genomförde ballongflygningar med sju kanadensiska och 14 europeiska instrument inom olika forskningsområden som solfysik, astrofysik, atmosfärvetenskap och livsvetenskap.

CNES analyserade också data från den första vetenskapliga kampanjen Strateole-2, som varade från mitten av oktober 2021 till slutet av januari. CNES lanserade då 17 trycksatta ballonger från Seychellernas internationella flygplats på ön Mahé och riktade in sig på nedre stratosfären (18-20 kilometer) i långvariga flygningar. Strateole-2 är ett fransk-amerikansk samarbete för att studera det tropiska tropopauskiktet med hjälp av supertrycksballonger från CNES.

## Hypersoniska missiler

Scramjetmotorer är jetmotorer, som använder hög hastighet för att komprimera inkommande luft istället för en kompressor eller turbin inuti motorn. Man kan då uppnå ihållande flygning vid hypersoniska hastigheter - Mach 5 eller högre. Fördelen är att de kan manövrera i bana och därmed blir svårare att skjuta ner. Dessutom bär luftandande framdrivningssystem inte den extra vikten av ett inbyggt oxidationsmedel som traditionella raketter.

Forskare fortsatte att utveckla nya metoder för att analysera prestanda för flygplan som flyger med hypersoniska hastigheter under längre perioder. I den slutliga och längsta flygningen av det amerikanska flygvapnets X-51A Waverider-program, flög en farkost i Mach 5 i tre minuter och 29 sekunder efter att den släpptes från en B-52.

USA fortsatte att ha blandad framgång med sina hypersoniska provprogram, även om trenden från år till år visar förbättring. I juli slutförde DARPA och det amerikanska flygvapnet den andra framgångsrika provflygningen med ett hypersoniskt luftandande vapenkoncept, HAWC. Denna variant, som flög framgångsrikt för första gången 2021, består av en missil från Raytheon Technologies och en Northrop Grumman scramjet. Ett första raketsteg accelererade missilen till scramjet antändning. Scramjet-motorn drev sedan missilen till hastigheter större än Mach 5.

Snabbare verkar utvecklingen drivas i Ryssland. Den ryske försvarsministern Sergei Shoigu meddelade att den marina hypersoniska missilen Zircon, som är utformad för att bära kärnstridsspetsar, hade gått in i massproduktion och hade tagits i bruk. Zircon sägs kunna nå hastigheter på Mach 10, motsvarande 3,4 kilometer per sekund. Enligt det ryska försvarsdepartementet kan vapnet träffa ett mål från nästan 1 000 kilometers avstånd. I maj satte Ryssland in sin Kinzhal hypersoniska missil i Ukrainakriget.

Japan Aerospace Exploration Agency slutförde sitt första hypersoniska scramjet flygprov med hjälp av en sondraket som lanserades från Uchinoura Space Center.

I början av januari flög Nordkorea två olika typer av hypersoniska missilssystem på under en vecka.

I augusti flög Kina sitt återanvändbara



rymdplan för andra gången och genomförde övningar med sin DF-17 hypersoniska missil nära Taiwan.

## Raketutvecklingen fortsatte

I Europa slutfördes den första tävningen av Ariane 6 övre steg vid German Aerospace Center. Dessutom slutförde ArianeGroup den första kampanjen för heta prov av en 5-kilonewton lagringsbar hypergolisk kvävetetraoxid/ monometylhydrazinmotor i juli. Motorn utvecklas för att driva det framtida innovativa Astris slutsteget för Ariane 6. Astris ökar mångsidigheten hos Ariane 6 och möjliggör djupa rymdutforskningsuppdrag till månen, Mars och asteroider.

ArianeGroup monterade också sin Prometheus M1-motor med flytande syre/ flytande metan i provbänken T1G i Vernon, Frankrike, som förberedelse för de första provtändningarna. Parallellt pågick ArianeGroups utvecklingsaktiviteter av en kraftfullare motoruppggradering med 20% högre dragkraft.

HyImpulse of Germany rullade ut sin 14 meter långa suborbitala sondraket, SR75. Fordonet gjordes tillgängligt för kunder som vill utföra mikrogravitationsexperiment och atmosfärisk forskning och har fungerat som en provbädd för att kvalificera flera tekniker för företagets 27 meter långa Small Launcher, eller SL1. Den första suborbitala uppskjutningen är planerad att äga rum nästa år.

I år debuterade minst sex nya barraketer: Kinas Long March 6A och Lijian-1, Europas Vega C, NASA:s Space Launch System, Rysslands Angara 1.2 och Sydkoreas Nuri.

Arianespace sköt upp den första Vega C med ökad nyttolastkapacitet från Korou, Franska Guyana, i juli. Ryssland debuterade sin Angara 1.2 launcher i april. Iran levererade sin andra satellit i omloppsbana, Noor-2, på Qased-barraketen i mars. Kina debuterade Long March 6A-raketen i mars. Sydkorea genomförde den första framgångsrika lanseringen av sin första inhemska barraket, Nuri, i juni, efter att raketen misslyckats med att leve-

rera sin dummy-nyttolast i omloppsbana under ett försök i oktober 2021.

I mitten av november hade SpaceX gjort 52 uppskjutningar, med en förväntad total på nära 60 vid årsskiftet, jämfört med totalt 33 år 2021 och 26 år 2020. Från och med oktober hade Blue Origin genomfört fyra flygningar med sina New Shepard-farkoster.

SpaceX, pionjären inom återanvändbara raketer, och Indian Space Research Organization fortsatte att arbeta separat med återanvändbara övre steg.

Starship (tidigare kallad BFR, Big Falcon Rocket) är SpaceX nästa generation raket och den är grunden i SpaceX vision om att människor ska kunna resa till Mars. Raketen kallas Starship och består av två delar. Den nedre delen kallas Super Heavy och den övre kallas Starship. Det är den största raket, som hittills utvecklats. Starship kommer att bli cirka 120 meter hög och drivas av 39 stycken Raptor-motorer varav 33 används för Super Heavy medan övriga ska sitta monterade på Starship.

SpaceX gjorde framsteg mot sitt första Starship-orbitalprov, med statiska prov av Raptor 2-motorer installerade på Starship 24 andra steg och Super Heavy Booster. Raptormotorn drivs av flytande syre och flytande metan.

Utanför USA har även återanvändbara raketutveckling gått framåt. I maj slutförde Jiangsu Deep Blue Aerospace i Kina en landning av sin återanvändbara raket Nebula M1. Milstolpen kom strax efter att företaget säkrade 31,5 miljoner dollar i finansiering från privata kinesiska investerare som Zhencheng Capital, DT Capital and Galaxy capital.

I augusti slutförde den brittiska rakettillverkaren Skyrora statiska prov av det andra steget hos sin Skyrora XL, en tre-stegsraket med ett återanvändbart första steg. I juli öppnade företaget en ny produktionsanläggning på 5 000 kvadratmeter. Skyrora siktar på 2023 för den första orbitaluppskjutningen av en XL-raket, vilket skulle göra det till det första privata företaget i Storbritannien att skjuta upp en raket.

Det tyska flyg- och rymdcentret, eller DLR, slutförde sitt STORT flygprov från Andöya, Norge. Programmet syftar till att mogna tekniken för nya aktiva och passiva värmehanteringskoncept i återanvändbara raketer.



## Ny kinesisk rymdstation men tveksam om ISS

Kina fortsatte att utöka sin Tiangong-station. I juli lanserade och dockade China Manned Space Agency sin nya Wentian-modul till kärnan Tianhe-modulen, som lanserades förra året. Wentian var landets största rymdfarkost hittills, med en längd på 17,9 meter och en massa på 23 ton.. Sex bemannade uppskjutningar krävdes för att slutföra den massiva rymdstationen Tiangong med tre moduler. Sex astronauter kommer att kunna leva tillsammans på rymdstationen.

I januari uttryckte tjänstemän med europeiska, kanadensiska och japanska rymdorganisationer sitt ömsesidiga stöd för att finansiera den internationella rymdstationen ISS fram till 2030. NASA-administratören Bill Nelson tillkännagav den 31 december 2021 USA: s åtagande att finansiera ISS till och med det året. Men i april indikerade Roscomoss generaldirektör Dmitry Rogozin upprepade gånger att Ryssland skulle dra tillbaka sitt deltagande i ISS för att fokusera på att utveckla sin egen rymdstation.

## Mars

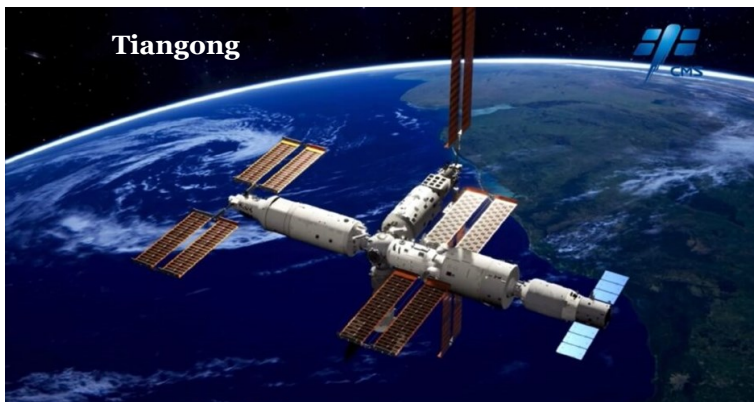
På Mars hade NASA:s Ingenuity-helikopter i september genomfört 33 flygningar med en total distans på 7,2 kilometer och en flygtid på 60 minuter. Det längsta helikoptern flög var 704 meter med en hastighet av 5,5 meter per sekund den 8 april.

Ingenuity har överträffat de ursprungliga målen och har visat sådan flygförmåga att NASA och European Space Agency meddelade i juli att Mars Sample Return-uppdraget nu kommer att innehålla två helikoptrar baserade på Ingenuitys design som skulle hjälpa till att samla prover på marsjord för återkomst till jorden.

## Nya militära program

En ny generation av vapensystem kom fram, varav det första exemplet är Northrop Grumman B-21. Det är ett nästa generations smygflygplan, ett nytt strategiskt bombplan byggt för potentiella konflikter med Kina i Stilla Havet. Amerikanska flygvapnet siktar på ett köp av 100 flygplan med leveranser i mitten av 2020-talet för 600 miljoner dollar per styck. Det är tänkt att ersätta B-2 och B-1B.

Flygplanet har en ny generation av smygteknik, i ett lättare färgschema än föregångaren B-2 och vad som verkar vara



långsträckta vingar och lägre profil. Den är en flygande vinge med stor spännvidd.



Det amerikanska flygvapnet förväntas också fortsätta under 2023 med lanseringen av programmet Cooperative Combat Aircraft för att utveckla en obemannad wingman för den planerade nästa generationens Air Dominance-plattform.



En viktig milstolpe i detta program var att Kratos Defense & Security Solutions avslutade en framgångsrik flygning av sitt obemannade flygplan XQ-58A Valkyrie. Provflygningen som utfördes på Yuma Proving Ground bevisade XQ-58A: s utökade kapacitet genom att flyga längre, högre, med en tyngre uppdagsvikt och på längre avstånd än tidigare.

I slutet av 2022 tog Europas båda konkurrerande sjätte generationens jaktplan för 2040-talet stora steg framåt. Storbritannien, Italien och Japan kom överens om att slå samman sina Tempest- och FX-ansträngningar för att skapa Global Combat Air Program.

Tempest kommer att vara en testbädd för en mängd olika digitala funktioner. Bland 60 olika demonstrationsprojekt, kommer

några att vara helt mjukvarubaserade. En funktion kommer att vara ett verktyg för artificiell intelligens (AI) för att hjälpa den mänskliga piloten under extrem stress.

Sensorer i pilotens hjälm kommer att övervaka hjärnsignaler och andra medicinska data. Under på varandra följande flygningar kommer AI att samla en enorm biometrisk och psykometrisk informationsdatabas. Detta bibliotek tillsammans med pilotens unika egenskaper innebär att den inbyggda AI kommer att kunna gå in och hjälpa till om sensorerna indikerar att han kan behöva hjälp. Till exempel kan AI ta över om piloten förlorar medvetandet på grund av höga gravitationskrafter.

Efter smärtsamma arbetsdelningsförhandlingar gick också det fransk/tysk/spanska programmet FCAS Future Combat Air System in i demonstrationsfasen. Airbus startade i december nästa fas av det europeiska FCAS-projektet. Med MDFD-demonstrationen (Multi-Domain Flight Demo) har man för första gången i Europa visat hur bemannade och obemannade flygplan fungerar tillsammans under förhållanden som mycket liknar de operativa. I demonstrationen kopplades stridsflygplan, helikoptrar och obemannade flygsystem samman via en datalänk för kompakt luftnät (CANDL) som gjorde det möjligt för dem att interagera sömlöst ovanför Rovajärvi, Finland. En Learjet 35 från Airbus GFD-dotterbolag fungerade som en stand-in-fighter och besättningen ombord drev drönarna, representerade av fem modifierade Airbus Do-DT25-drönare.

## Utmaningar flygtaxi

Om det en var gång science fiction, så kommer flygtaxi snart att bli en del av vårt dagliga liv. En rapport från Frost & Sullivan uppskattar att antalet flygtaxibilar kan nå 430 000 över hela världen år 2040. Tekniken är dock ännu inte mogen och flygtaxi står inför många utmaningar. Aerodynamiken är viktig och drönarnas storlek, form och vikt tillsammans med olika egenskaper hos propellrarna påverkar flygegenskaperna.

[Engineering 360 Aerodynamics of multirotor drones](#)  
[Engineering 360 Challenges Aerospace America](#)  
[Aviation Week opinion](#)  
[IEEE.org/evtol-aircraft](#)

Konstruktionen av en drönare innebär många komplicerade val. Motorn i en multirotordrönare är ansvarig för att generera dragkraft och för att uppnå flygning bör motorerna producera cirka 50% mer dragkraft än drönarens vikt. Detta hjälper drönaren att flyga i blåsiga förhållanden och göra branta svängar.

Det finns två typer av motorer att välja mellan, borstade och borstlösa. Borstlösa motorer erbjuder mer kraft och är lämpliga för tyngre och större drönare.

Propellerns effektivitet baseras på angreppsvinkeln. Verkningsgraden beräknas som förhållandet mellan utgång och ingångseffekt. Bra propellrar har en verkningsgrad på 80 procent.

En drönare kan ha tre rotor, fyra rotor, sex rotor och åtta rotor. Det finns också mer ovanliga konstruktioner med 12 eller 16 rotor. Av dessa är quadcopters med fyra rotor en av de mest populära.

Propellrarna kan antingen snurra medurs eller moturs. I en quadcopter snurrar två propellrar moturs och de andra två medurs. Annars skulle quadcoptern att tippa över och vara okontrollerbar.

Att lägga till fler blad innebär att det produceras mer kraft. Varje blad måste dock färdas genom kölvattnet av det föregående. Därför finns det en gräns för hur många blad som kan användas i en propeller.

Mindre diametrar gör det lättare att varva upp och varva ner, vilket hjälper till med manövrerbarhet. Drönare med propellrar med mindre diametrar används vanligtvis för akrobatisk flygning och racing. Större diametrar kan användas för större nyttolaster.

Större propellrar har mer kontakt med luften och påverkar direkt flygeffektiviteten. Vid hovring erbjuder större propellrar större stabilitet medan mindre propellrar är mer lyhörda.

Lägre stigning per varv av propellern översätts till högre vridmoment och lägre turbulens, vilket resulterar i minskade effekter från motorn. Som ett resultat ökar sådana propellrar flygtiden och möjliggör tyngre nyttolaster. Omvänt flyttar propellrar med högre stigning mer luft per varv och resulterar i större turbulens och mindre vridmoment.

Den resulterande aerodynamiska kraften beror på de relativa storlekarna av fyra krafter: vikt, lyft, dragkraft och motstånd. Baserat på den resulterande relativa storleken och riktningen av dessa krafter kommer drönaren antingen att klättra, dyka eller banka.

Vikt är tyngdkraften och den riktas alltid mot jordens centrum. Att flyga en multirotordrönare innefattar två stora hinder. Först måste drönarens vikt övervinnas av en motsatt kraft. För det andra måste drönaren vara kontrollerbar under flygning.



Tyngdpunkten och drönarens vikt spelar en viktig roll i drönarflygning.

Lyft är den kraft som utövas på drönaren av luften. Det är resultatet av interaktionen mellan luften och drönaren och vinkelrät mot flygriktningen. Storleken beror på lufttäteten och drönarens hastighet. Ju större luftens täthet desto större lyftkraft. Ju högre hastighet, desto större lyft. Drönarens form och storlek bidrar också till den resulterande lyftkraften.

Lyft verkar genom tryckcentrum. Detta är den punkt där lyftkraften och drönarens vikt är i jämvikt. När drönaren är i vila är tryckcentrum direkt under tyngdpunkten. När drönaren rör sig rör sig tryckcentrum med drönaren. Placeringen av tryckcentrum ändras när drönaren ändrar riktning. Liksom lyft verkar luftmotståndet på tryckcentrum och är beroende av drönarens form och storlek samt hastigheten.

Det är uppenbart att den komplicerade aerodynamiken innebär att säkerheten blir av största betydelse. De företag som utvecklar elektriska vertikalt start och landande farkoster sk eVTOLs är väl medvetna om att för att lyckas måste de uppnå en säkerhetsnivå som inger förtroende från både tillsynsmyndigheter och passagerare.

Även utan att ta hänsyn till de rättsliga hinder som elektrifierade och autonoma flygtaxibilar kommer att medföra står lagstiftare och tillverkare inför flera nya utmaningar när det gäller att garantera säkerheten när de transporterar passagerare.

Konventionella lätta flygplan konstrueras baserat på risken för ett farligt eller katastrofalt fel en gång per 1 000 000 timmars drift. Större flygplan är konstruerade enligt strängare standarder, med felfrekvenser på en gång per 10 miljoner timmars drift. Kommersiella passagerarflygplan uppfyller de högsta standarderna av alla, med katastrofala felfrekvenser i intervallet en gång per miljard flygtimmar.

Enligt tyska Volocopter, är man för eVTOL tvungen att uppnå en säkerhetsnivå som är högre än vad som förväntas av nuvarande flygplan med fasta vingar eller lätta rotorfarkoster, om eVTOLs skall finna acceptans hos tillsynsmyndigheter och allmänheten.

För att uppnå detta har Volocopter antagit flera lager av redundans. Varje kritiskt system har ett säkerhetskopieringssystem, och varje säkerhetskopieringssystem använder en annan typ av hårdvara som kör olika programvaror skrivna på ett annat programmeringsspråk, alla producerade och validerade av olika företag. Detta skyddar det övergripande systemet från varje enskilt fel.

Men även om eVTOL-tillverkare är fokuserade på säkerhet är det upp till tillsynsmyndigheter som FAA och EASA att fastställa säkerhetsreglerna som gör det möjligt att certifiera eVTOLs för att transportera passagerare. Denna process pågår för närvarande, och de två byråerna intar mycket olika tillvägagångssätt. FAA anpassar befintliga regelverk till eVTOLs genom att hitta sätt att tillämpa luftvärdighetsstandarder avsedda för mer konventionella flygplanskonstruktioner. EASA arbetar däremot med en komplett uppsättning särskilda tekniska specifikationer specifikt för eVTOLs och de flygtaxitjänster de stöder. Även detta kan försena utplaceringen av flygtaxi.

Nu när de första experimenten har börjat växer spänningen kring flygtaxi. Investerare följer trenden noga och tvekar inte att satsa pengar. 2021 samlade Vertical Aerospace in 205 miljoner dollar och Volocopter 200 miljoner euro. Konsumenterna verkar också vara öppna för detta nya sätt att pendla. Enligt en EASA-studie har 83 % av de tillfrågade en positiv syn på rörlighet i städer och 71 % är villiga att prova flygtaxitjänster. Dagens eVTOL-företag har ändå en begränsad tidsram för att övervinna utmaningar och uppfylla förväntningarna hos allmänhet, investerare och aktieägare.

En betydande skillnad i säkerhet som skiljer VTOL-konstruktioner från traditionella flygplan är att VTOLs inte har ett tillförlitligt sätt att passivt generera lyftkraft i händelse av ett strömavbrott. Många flygplan med fasta vingar kan förlita sig på sina vingar, förutsatt att det finns en viss horisontell hastighet, även med en total förlust av kraft. På samma sätt kan helikopter autorotera, med hjälp av den strömlösa rotorn för att generera tillräckligt motstånd för att göra en överlevnadsbar nedstigning och landning. I båda fallen kan landningarna vara våldsamma, men ändå kraftigt öka passagerarnas överlevnadsförmåga.

VTOLs, och mer specifikt eVTOLs, förlitar sig däremot helt eller delvis på distribuerade framdrivningssystem med flera elmotorer som driver propellrar eller fläktar som tillsammans genererar lyft. Vissa eVTOLs har vingar, men dessa vingar är inte nödvändigtvis utformade för att underlätta glidlandningar. Och vissa eVTOLs förlitar sig uteslutande på drivna lyftsysten, vilket innebär att om ett programvaru- eller hårdvarufel inaktiverar hela kraftsystemet så kommer fordonet inte längre att kunna generera någon lyftkraft.

Multirotordrönare lämpliga för en mängd olika användningsområden. De kan starta och landa vertikalt, vilket innebär att de kan fungera i trånga utrymmen. Tyvärr tenderar de också att förbruka mycket ström och ha korta flygtider och räckvidder, vilket utgör en utmaning för många användare. Aerodynamik är ett komplext område, men billiga förbyggda modeller är lättill-



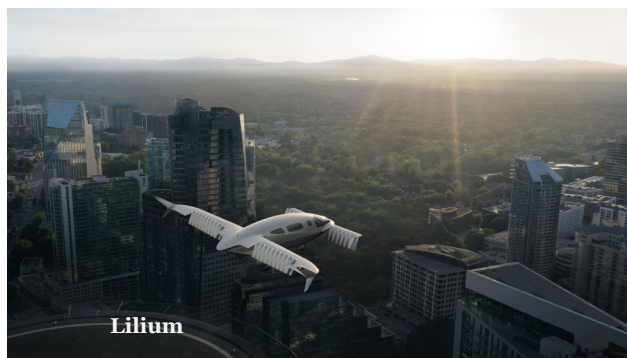
gängliga och anpassade mönster kan skräddarsys efter avsedd användning.

De första flygande taxibilarna förväntas börja flyga i Europa senast 2024, enligt Europeiska unionens byrå för luftfartssäkerhet (EASA). Flygtaxi har den extra fördelen att minska trängseln i städerna och minska restiden. Det uppskattas till exempel att en resa mellan La Défense och Paris-Charles-de-Gaulle flygplats inte skulle ta mer än 15 minuter med flygtaxi, jämfört med 40 minuter med bil.

Den vertikala start- och landningstekniken utvecklades ursprungligen för att eliminera behovet av landningsbanor för militära flygplan och utvidgades sedan till att omfatta civila tillämpningar och mer specifikt till rörlighet i städer (UAM). Den kombinerar helikopterns fördelar för start och landning med flygeffektiviteten hos flygplan med fasta vingar.

Men även om flygtaxi är en helt logisk utveckling är affärsfallet mindre tydligt och utmanande både tekniskt och ekonomiskt. Nyligen släppta dokument avslöjar hur två utvecklare, Joby Aviation och Lilium, tänjer på tekniska gränser och hur de ser på affärsmöjligheten.

Joby utvecklar en elektrisk VTOL (eVTOL) med en räckvidd på 230 km, medan Lilium arbetar på en regional plattform för regional lufrörlighet med hög hastighet som kommer att drivas av 36 lutande elektriska fläktar och kunna transportera sex passagerare upp till 240 km.



Liliums affärsmodell avslöjar att var och en av dess eVTOLs kommer att kosta uppskattningsvis 2,5 miljoner dollar och ha en åttaårig livslängd. Lilium förväntar sig att varje fordon kommer att generera intäkter på 5 miljoner dollar årligen och ge en vinst på 10 miljoner dollar under sin livslängd. För att tillgodose den förväntade efterfrågan räknar företaget med att öka den årliga produktionen av sin eVTOL från 90 enheter under det första året till 950 årligen till 2027.



Även om dessa prognoser, i nominellt värde, skulle vara ekonomiskt förnuftiga, finns det viktiga överväganden, som dessa företag och deras potentiella investerare måste tänka igenom. Till exempel, vilka tillverkningsstrategier kommer de att följa, och hur kommer de att utveckla ett ekonomiskt livskraftigt och tekniskt kapabelt leverantörsnätverk som uppfyller flygindustrins stränga standarder?

Flygtaxiutvecklare måste öka sin tillverkningskapacitet samtidigt som de utvecklar nya leveranskedjor som skiljer sig avsevärt från befintliga leverantörsnätverk för transportutrustning. De står inför utmaningen att behöva delar av flygkvalitet som tillverkas till kostnader som är mer typiska för bilindustrin än flygindustrin.

Men flygtaxitillverkare kan inte bara vända sig till billeverantörer. Dessa företag är normalt inte ackrediterade för flygstandarder och skulle kräva tillverkningsvolymen som är långt utöver eVTOL-industrins. Till följd av stordriftsfördelar kommer de höga kostnaderna för komponenter att göra det svårt att producera billiga eVTOLs med snabba återbetalningsperioder.

Driftskostnaderna för pilotflygtaxi, tillsammans med kostnaderna för att stödja hela deras underhållslivscykel, kan också komma att uppväga det pris som operatörerna skulle kunna ta ut för tjänsten. Detta skulle i sin tur avsevärt kunna minska antalet passagerare som kan betala för en kort flygning.

Potentiella flygtaxioperatörer förlitar sig dock på en framtid med högre grad av automatisering, vilket skulle kunna möjliggöra förenklad pilotlicensiering eller, i slutändan, helt autonom drift. Men det kommer att ta år innan samhället och tillsynsmyndigheter som FAA accepterar denna teknik.

Även revolutionerande flygplan behöver kunder med livskraftiga affärsmodeller för att överleva. Detta väcker frågan: Eftersom så många elektriska fordon för vertikal start och landning (eVTOL) närmar sig certifiering, hur realistiska är deras operatörers affärsplaner?

Tänk på fallet med Lilium, som syftar till att omdefiniera urbana och regionala flygtransporter, inledningsvis inriktat på samma "underservade" DayJet Florida stadsförbindelser. Den förväntar sig att dess sexpassagerare Lilium Jet kan erbjuda 2,25 USD per

sittplats-mile under drift 10 timmar per dag. Många flygbolag har tur som uppnår denna användningsnivå, och Lilium planerar att göra det med mycket kortare flygningar (dess räckvidd är 250 km). Lilium står inför utmaningen att upprätthålla höga belastningsfaktorer på en tunn marknad.

De antaganden som ligger bakom Volocopters tvåpassagerare VoloCity är lika realistiska. Denna 18-rotors eVTOL, designad för korta stadsflygningar, har en räckvidd på drygt 32 km och liknande seat-mile-kostnader som Lilium Jet. Dess årliga användning är 3 000 timmar per år, jämförbart med en engångsjetliner.

En tredje högprofilerad eVTOL är Joby S4, ett flygplan för fyra passagerare med en hastighet på 300 km/h och en räckvidd på 400 km. Jobys förväntade seat-mile-pris är cirka 3 USD med en årlig användning på 2 500 timmar – mer än ett typiskt regionalt jetplan.

En annan startup, Archer, skapade rubriker i november när United Airlines tillkännagav planer på att lansera sin första eVTOL-rutt i New York 2025, som förbinder Newark Liberty International Airport och centrala Manhattan med sitt nya Midnight-flygplan.

Varför inkluderar dessa initiala affärsplaner sådana extraordinära utnyttjandenivåer? Mest troligt är det för att kompensera för amortering av höga eVTOL-skrovpriser, som vid 2-4 miljoner dollar är betydligt högre än konventionella helikoptrar.

Konceptet att flytta passagerare från livliga stadskärnor till flygplatser är inte nytt. Om det inte framgångsrikt kan skalas upp och bli lönsamt är det svårt att se hur eVTOL-startups kommer att bli framgångsrika någon annanstans under det kommande decenniet. Att gå över från konventionella helikoptrar till eVTOL innebär att den nya tekniken initialt kommer att möjliggöra en blygsam minskning av flygkostnaderna på nyckelrutter och man kan förvänta sig ytterligare besparingar över tiden när batterikostnaderna sjunker. Men detta är knappast tillräckligt revolutionerande för att underbygga den prognostiserade eVTOL-marknadstillväxten till tiotals miljarder dollar till 2030. Vi får se hur det går.



# Kvarken Space Center

Ariel Borenstein [rymden@arielspace.se](mailto:rymden@arielspace.se)

**Kvarken Space Center har bildats på initiativ av rymdforskare i Vasa och är ett nätverk där universitet och företag i Sverige och Finland ingår. De deltagande forskarna och ingenjörerna ska sprida information om möjligheter för företag att använda nerladdade data från fjärranalysatelliter. Man ska också bygga en egen fjärranalys-satellit.**

## Kvarken Space Center

Det område som utgör Kvarken-regionen är Västerbotten med 264.000 invånare och Österbotten med 444.000 invånare. Städerna Umeå och Vasa finns mittemot varandra över viken. Både Umeå universitet och Vasa Universitet har rymdforskning. På svenska sidan finns rymdforskning på "nära håll" i Umeå, Luleå och Kiruna, på finländska sidan i Esbo nära Helsingfors.

På Kvarken Space website presenteras de som är partners i projektet:

Vaasa University  
 Novia University of Applied Sciences (Vasa)  
 Umeå University  
 Luleå University of Technology  
 Design Center Muova (Vasa)  
 Åbo Akademi (Svensk-språkigt universitet)  
 Hanken school of economics (Företagsekonomi, Helsingfors)  
 The Swedish University of Agricultural Sciences (Lantbruksuniversitetet i Uppsala)  
 The Swedish Institute of Space Physics (IRF, finns i Kiruna, Uppsala, Umeå och Lund)  
 Aalto University (Högskola för ekonomi, teknik och konst i Esbo, nära Helsingfors)

Verksamheten inleddes år 2019. I sin programförklaring säger man bl.a. att "Kvarken Space Eco"-projektet ska implementera en varaktig regional struktur för företag baserad på användning av rymden. Syftet med Kvarken Space Center är att stöda det lokala näringslivet med att utvecklas inom "new space economy" och kommersialisera tillgängliga rymd-data.

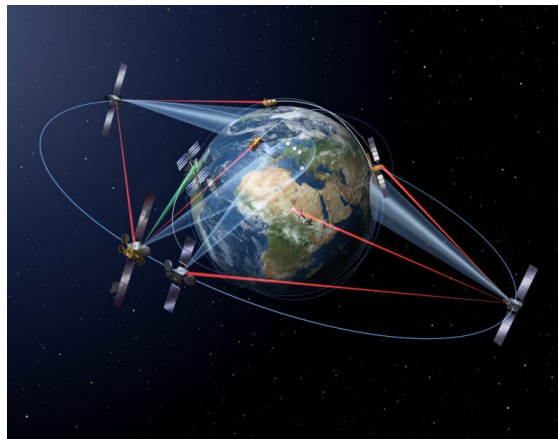
Projektet har erhållit finansiering från EU Interreg Botnia-Atlantica samt region Västerbotten och Österbottens förbund. Projektets budget för tre år är 1,8 miljoner euro. Cirka 40 medarbetare i Vasa, Luleå, Umeå, Kiruna och Esbo deltar i projektet. De flesta av projektets personal arbetar i Vasa.

Syftet med projektet är att öka medvetenheten om vad som kan uträttas med data från satelliter som studerar jorden. Man har fastställt fyra principer för projektet:

Att använda data som redan är tillgängliga.  
 Att bygga upp lokal expertis.  
 Att lära lokala företag att använda rymddata.  
 Att bygga en satellit och använda den.

Satelliten är en 2u cubesat som väger ca 2 kg och är lite större än en mjölkförpackning! Den ska ha fyra instrument ombord. Här är de fyra instrumenten, med engelsk benämning och tillverkare angiven:

Hyperspectral Camera (VTT, Novia UAS)  
 Maritime AIS ship beacon receiver (Aalto Uni)  
 Propulsion device (Aurora Propulsion Technologies)  
 Advanced Navigation Signal Receiver (University of Vaasa, GOMSPACE)  
 Delarna till satelliten sätts ihop i Kiruna.



Många satellitprojekt skapar data man måste köpa, men den här satelliten sänder gratis. Den gör inte något helt nytt, men den har sådana komponenter som aldrig har använts i rymden. Man vill bygga en satellit i samarbete med andra i nätverket. Att bygga satelliter höjer kunskapsnivån. Och väcker intresse hos ungdomar. Den ska sändas upp från Kiruna. Man hoppas att den ska finnas med på någon av de första uppskjutningarna där på våren 2023. Man ska använda en raket tillverkad i Tyskland.

(Min kommentar: Förberedelser för att börja sända upp satelliter från Esrange har stött på ideliga förseningar av både tekniska, ekonomiska och politiska orsaker.)

Nanosatelliter möjliggör tillväxt och möjligheter för att skapa en rymdbaserad ekonomi. KvarkenSat ansluter till den trenden och vill använda sig av det senaste inom den tekniska utvecklingen. Satelliten KvarkenSat innehåller fyra "miniature payloads", dvs fyra enheter för forskning eller kommersiell användning. Det handlar om jordobservation, navigation och hållbarhet.

En hyperspektral kamera ska fotografera Kvarken-regionen. Hyperspektral teknologi möjliggör studier av skogar, algblooming, användning av markområden, stormskador, brandrisk och mycket annat.

Alla stora fartyg sänder ut radiosignaler som identifierar dem och anger deras position. Syftet är att skapa en större säkerhet. Bara en satellit kan ta emot alla dessa signaler samtidigt från hela Östersjön. Den här satellitenheten har i sin helhet skapats av studenter vid Aalto University, beläget i Esbo alldeles nära Helsingfors.

Aurora Propulsion System ska testa en miljövänlig framdrivning. Satelliter behöver ofta justeringar av läge och bana, och man vill också kunna ta ned satelliten i slutet av dess liv för att undvika att den blir rymdskrot. Det här systemet är väldigt miniaturiserat och framdrivningen är baserad på vatten!

Global Navigation Satellite System Receiver ska fastställa satellitens exakta position. Det här instrumentet ska bli en del av det globala satellitnätverket.

# 11 Spaceport Esrangle

Ariel Borenstein [rymden@arielspace.se](mailto:rymden@arielspace.se)

**Swedish Space Corporation meddelar att infrastruktur för att sända upp satelliter från Esrangle nu är klar och att den första uppsändningen kan ske i slutet på 2023. Men, som de uttrycker det: det fattas en liten pusselbit. Sanningen är att det inte finns några lämpliga raketer ännu. Men en ketchup-effekt är trolig inom några år. Åtta företag i Europa försöker bygga en raket lämplig som mini-launcher eller mikro-launcher.**

[Swedish Space Corporation](https://www.arielspace.se)

[Aktuella nyheter i rymdbranschen - arielspace.se](https://www.arielspace.se)

Den 13 januari 2023 besökte den svenske statschefen, kung Carl XVI Gustaf, tillsammans med europeiska och svenska politiska dignitärer Esrangle Space Center i norra Sverige för att klippa bandet till en ny rymdhamn, som avsevärt kommer att omforma det europeiska rymdlandskapet. Efter år av förberedelser och byggande invigdes det europeiska fastlandets första orbitaluppskjutningskomplex, Spaceport Esrangle. Evenemanget ägde rum i Kiruna i samband med att Sverige tog över ordförandeskapet i Europeiska unionens råd.

För Europa är den nya orbitaluppskjutningsanläggningen vid Esrangle en efterlängtat kritisk tillgång. I dag är det bara ett tiotal länder i världen som har kapacitet att skjuta upp satelliter. Spaceport Esrangle kommer att erbjuda en oberoende europeisk port till rymden, som kompletterar och stärker den nuvarande europeiska kapaciteten i Franska Guyana.

Fler satelliter kommer att behövas i framtiden. Omkring 10 000 nya satelliter väntas skjutas upp under de närmaste åren, och år 2040 kan det totala antalet satelliter nå 100 000 – jämfört med de 5 000 operativa satelliter som ligger i omloppsbana i dag.

Förutom att skjuta upp satelliter i omloppsbana kommer Spaceport Esrangle att vara värd för prov av Europas initiativ för återanvändbara raketer - ESA:s Themis-program som leds av ArianeGroup. Themis återanvändbara rymdlanderseringsdemonstrator kommer att börja provas på Spaceport Esrangle 2023, med början med första steget, som syftar till att uppnå fordonslyft och återhämtning - så kallade "hop-tester". Utvecklingen sker inom ramen för det EU-finansierade Saltoprojektet. Uppskjutningsanläggningen kommer också att vara värd för suborbitala provuppskjutningar av flera nästa generations raketer.

I flera decennier fördes en diskussion i rymdbranschen i Sverige om möjligheten att sända upp satelliter från Esrangle. Under 50 år har man sänt upp suborbitala raketer, och mycket av infrastrukturen fanns därför redan. På 2000-talet började den tekniska och ekonomiska utvecklingen i rymdbranschen tyda på att det kunde



bli lönsamt att sända upp små satelliter från Esrangle. Så man har under de senaste åren byggt nya verkstäder och ny rakettramp på Esrangle.

Man säger samtidigt att målet är att börja sända upp satelliter i slutet på 2023. Det finns dock ingen lämplig raket. I USA finns många företag som kämpar med att bygga små raketer. Amerikanska Rocket Lab har gjort flera lyckade uppskjutningar från Nya Zeeland, i övrigt är läget så att åtta företag i Europa försöker bli klara med raketer som de bygger. Det tidigaste år som någon anger är 2023, men det verkar mer troligt att de blir klara senare.

Detta är företagen som bygger små raketer i Europa: i Storbritannien finns Orbex och Skyrora, i Tyskland finns Isar Aerospace, HyImpulse och Rocket Factory Augsburg (RFA), i Frankrike finns Latitude och i Spanien finns PLD Space. Ariane, som är ett samarbete mellan Frankrike och Tyskland, bygger också en raket.

Den kortaste av dessa raketer är 17 meter, den längsta är 34 meter. Den minsta satellit man tänkt sig att skjuta upp är hos Latitude och det är 70 kg. Den tyngsta satelliten som skulle kunna skjutas upp är på 1300 kg, och det är hos RFA. Men en typisk vikt att lyfta upp för de flesta raketerna är 500 kg.

Som första år för uppsändning av satelliter uppger alla 2023 eller 2024. Ariane tänker sig dock året 2025. Eftersom detta handlar om rocket science så är det troligt att de flesta raketer inte är klara ännu 2023. Det skulle betyda att uppskjutningar från Esrangle fortsätter att dröja, men å andra sidan dröjer det då också för andra

potentiella rymdbaser.

Utom för några brittiska baser som planerar att skjuta en raket från ett flygplan på hög höjd. Virgin Orbit har redan inlett sina försök. Det första försöket att placera satelliter i omloppsbana på detta sätt misslyckades dock i januari 2023.

Det fanns en tid då man på ESA inte trodde att små raketer hade någon framtid. Men nu har man gjort en helomsvängning. ESA har satsat 32 miljoner euro på företagen Isar Aerospace, Orbex, RFA och HyImpulse. Men dessutom bygger Arianespace, ESA:s raketföretag, en egen raket i en mindre storlek. Den kallas Maia.

Sedan en längre tid tillbaka brukar små satelliter sändas upp med den s.k. piggyback metoden. Det innebär att ett antal satelliter monteras i en ring under en större satellit. Eftersom ägaren till den stora satelliten är den viktigaste kunden så får ägarna av de små satelliterna bara acceptera det uppskjutningsdatum och den bana som dikteras av behoven för huvudkunden.

Med en liten raket skulle ägaren till en eller några små satelliter kunna bestämma mer över sitt projekt. På de stora bolagen säger man då att varför skulle någon betala dyrt för en taxi om man kan åka med en buss? Mot det kan man invända att buss och taxi svarar mot olika behov på jorden, och kommer också att göra det i rymden.

Isar Aerospace tänker sig ett pris på 10000 dollar per kg för att sända upp en satellit, och det kan jämföras med SpaceX som tar 5000 dollar per kg, den kommande Ariane 6 där man tänker sig ca 10000 euro per kg, och Rocket Lab som tar 25000 dollar per kg.

Men år 2024 uppträder kanske en ketchup-effekt och många olika typer av raketer blir tillgängliga.



## Hypersoniska vapen

USA och dess globala rivaler, Kina och Ryssland, har ökat takten för att bygga hypersoniska vapen. De berövar motståndare reaktionstid och försvårar traditionell bekämpning.

[Aviation Week](#)

[Daily Mail \(UK\)](#)

[These are the Ten Hypersonic Missiles That America Is Building](#)

[Does The US Military Have Hypersonic Missiles?](#)

[US Air Force launches 1st operational hypersonic missile](#)

Det finns två typer av hypersoniska vapen, glidfarkoster och kryssningsmissiler. Hypersoniska glidfarkoster skjuts upp från en raket i den övre atmosfären innan de glider till sitt mål med mer än fem gånger ljudets hastighet, eller cirka 6 200 km/timme. Hypersoniska kryssningsmissiler, å andra sidan, förlitar sig ofta på ett avancerat framdrivningssystem som kallas en scramjet för att flyga på mycket lägre höjder. En scramjet, eller supersonisk förbrännande ramjet, är en variant på beprövad ramjet-teknik som gör att förbränning kan ske med supersoniskt luftflöde. Eftersom scramjets egentligen bara är effektiva vid hög hastighet, över Mach 3, används dessa missiler ofta från snabba flygplan eller accelereras till dessa hastigheter av raketter.

Därför fungerar hypersoniska kryssningsmissiler ungefär som traditionella kryssningsmissiler - åtminstone i teorin. I praktiken är dessa plattformar mycket svårare och dyrare att bygga än glidfarkoster och traditionella kryssningsmissiler, och anses också vara mycket svårare att fånga upp.

Konceptet att leverera en stridsspets i omloppsbana och få den att cirkla runt jordklotet innan den träffar ett mål utvecklades först av Sovjet på 1960-talet för att undvika amerikanska radar och missilförsvarssystem. Dessa system kunde upptäcka uppskjutningar av interkontinentala ballistiska missiler ICBM - långdistansmissiler med kärnvapen - och spåra dem ute i rymden för att sedan skjuta mot dem när de kom ner i hopp om att



spränga dem innan de träffade sina mål. Detta är möjligt eftersom ICBM och deras stridsspetsar följer en förutsägbar bana som stiger högt upp i rymden - vilket gör dem relativt lätta att upptäcka och att beräkna vart de är riktade så att de kan skjutas ner från himlen.

Hypersoniska glidmissiler är långsammare än en interkontinental ballistisk missil, men formen på glidfarkosten gör att den kan manövrera mot ett mål eller bort från försvar. De följer inte förutsägbara bågformade banor som ballistiska missiler. Istället glider de ner till sina mål utan kraft längs en plattare bana och kan utföra plötsliga manövrar under flygning.

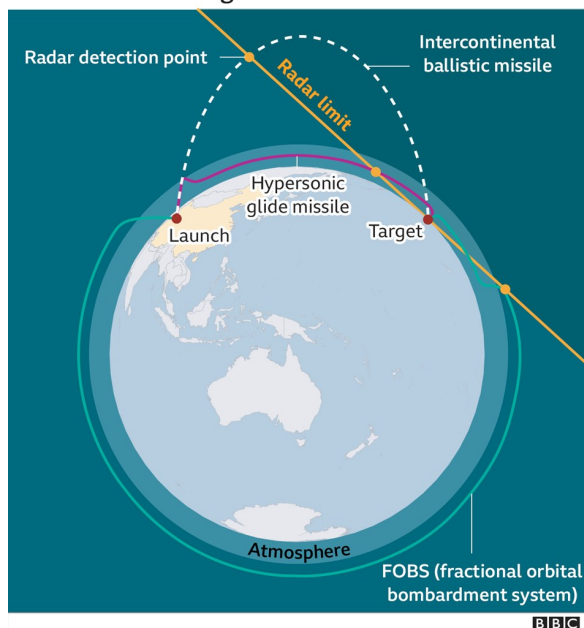
Detta innebär att de är svårare att spåra och mycket svårare att skjuta ner eftersom deras bana är svårare att beräkna. Denna förmåga, tillsammans med deras extrema hastigheter, gör denna vapenklass mycket svår att upptäcka, spåra och besegra med nuvarande luftförsvarssystem.

Ett Fractional Orbital Bombardment System FOBS skickar missiler genom en partiell omloppsbana runt jorden för att slå mål från en oväntad riktning. Användningen av omloppsbana gör en stridsspets räckvidd potentiellt obegränsad, vilket innebär att den kan avfyras mot sitt mål från vilken riktning som helst. Detta hjälper till att undvika radarsystem som i allmänhet pekar på en fast punkt på himlen, i Amerikas fall över Nordpolen.

Kina var det första landet som provade ett orbitalt hypersoniskt vapen. Två gånger under sommaren 2021 sköt den kinesiska militären upp en raket i rymden som cirklade runt jordklotet innan den rusade mot sitt mål. Peking var snabba att förneka att det var ett vapen och insisterade på att det bara var ett prov av en återanvändbar rymdfarkost. Men en sådan skulle också kunna användas som en orbitalbombare då den glider längs atmosfärens ytterkant och undviker radar- och missilförsvar.

Kina lanserar också sin kärnvapenkapabla, hypersoniska kärnvapenmissil DF-26 som kan nå amerikanskt territorium och sänka hangarfartyg. Samtidigt har Kina också presenterat en hypersonisk medeldistansmissil, DF-17, 2019, som kan bära kärnstridsspetsar.

### Hypersonic missiles can avoid radar detection for longer than ballistic missiles



BBC

I oktober placerade Kina ut DF 17-missilen i kustområden som förberedelse för en eventuell invasion av Taiwan. Vapnet har en maximal räckvidd på 2500 kilometer och kan uppnå hastigheter upp till 10 gånger ljudets hastighet medan det bär en kärnstridspets. Det har presenterats som "en dödsdom" för hangarfartyg inom dess räckvidd.

Ryssland lanserade nyligen en hypersonisk missil, Zirkon, från en ubåt och det tros vara en manövrerande, bevingad hypersonisk kryssningsmissil med en lyftgenererande mittkropp. Ett boostersteg med fastbränsleraketer accelererar den till supersoniska hastigheter, varefter en scramjetmotor med flytande bränsle accelererar andra steget till hypersoniska hastigheter. Zirkon kommer först att sättas in via Admiral Golovko-fregatten som bär betydande smygteknik. En viktig användning av missilen är att ta ut fiendens fartyg och räckvidden är ca 1000 km med en hastighet av Mach 9.

Det är en av ett antal hypersoniska missiler Ryssland placerat ut. Sedan slutet av 2019 är den hypersoniska kärnvapenkapabla Avangard-missilen i tjänst. Avangard har en räckvidd på över 6 000 km, väger cirka 2 000 kg och kan bära en nukleär eller konventionell nyttolast. På cirka 100 km höjd skiljer sig glidfarkosten från sin raket och kryssar ner mot sitt mål genom atmosfären med hastigheter upp till Mach 20 och kan manövrera.

Ryssland och Kinas hypersoniska missiler har varit i tjänst i flera år, medan Amerika inte förväntar sig att se sina första fullt fungerande Mach 5+ -vapen tas i bruk förrän tidigast 2023. De kända programmen är alla mer konventionella hypersoniska vapen, som slår från hög höjd, snarare än orbitalbombardemangsystem, som slår från rymden som de kineserna har utvecklat.

Till skillnad från Ryssland säger USA att man inte utvecklar hypersoniska vapen för användning med kärnvapenstridspets. Som ett resultat måste amerikanska hypersoniska vapen vara mer exakta och det medför större tekniska utmaningar. Men USA har lång erfarenhet på området. År 2004 nådde NASA: s experimentella obemannade hypersoniska flygplan X-43 Mach 9.6 med en scramjet-motor, vilket är ett rekord.

Företag som Lockheed Martin och Raytheon arbetar för att utveckla amerikanska hypersoniska vapen. USA har framgångsrikt provat ett par av Lockheeds hypersoniska missiler. Sent 2022 provades ett luftlanserat snabbinsatsvapen AGM-183A Air-Launched Rapid Response Weapon (ARRW). Det bars under vingen på en B-52H bombare. En raket accelererade missilen till hypersoniska hastigheter, mer än fem gånger ljudets, innan dess nyttolastkåpor öppnades och släppte ut den kilformade glidfarkosten. Den nådde hypersoniska hastigheter med hjälp av en scramjet, flög 480 km på mindre än 5 minuter och detonerade i målområdet. Det var första gången USA kunde separera i luften framgångsrikt.

AGM-183A förväntas bli USA: s militärs första hypersoniska vapen som når operativ status. Den exakta hastigheten på AGM-183A är inte känd, även om det Lockheed Martin-designade vapnet sägs vara baserat på tidigare provfarkoster som har en påstådd maxhastighet på Mach 20.

Den amerikanska militären har ett antal hypersoniska vapenprogram inom marinen, armén och flygvapnet men de flesta är fortfarande i utveckling och topphemliga. Amerikanska flygvap-

nets hypersoniska attackkryssningsmissil (HACM) är inte en boost-glide-farkost utan flyger på lägre höjder för kortare sträckor. Liksom traditionella kryssningsmissiler flyger HACM längs en ganska stabil bana som ett flygplan, men med möjlighet att manövrera för att undvika att fångas upp. HACM utnyttjar scramjet-framdrivning och accelereras sannolikt till en initial hastighet via en raket efter lansering. Det finns för närvarande inga tillgängliga siffror om topphastighet eller räckvidd, men den förväntas placeras ut 2026



Amerikanska flygvapnet har också Project Mayhem, som för närvarande är under utveckling vid Air Force Research Laboratory. Det förväntas vara en hypersonisk kryssningsmissil som kommer att vara bland de första som utnyttjar en variabel cykelmotor som kan hantera subsonisk, supersonisk och hypersonisk flygning utan behov av en traditionell ramjet eller raket för att nå till höga Mach-hastigheter där en scramjet tar över.

Amerikanska flottans Screaming Arrow är en luftandande hypersonisk kryssningsmissil, som utnyttjar scramjet-framdrivning, och kommer sannolikt att utnyttja samma grundläggande system som Project Mayhem.

DARPA, den amerikanska arméns vetenskapliga del, tillkännagav nyligen framgångsrika prov av vad man kallade en HAW-missil (Hypersonic Air-breathing Weapon Concept) men höll detaljer som räckvidd, hastighet och nyttolast hemliga. Missilen, som är byggd av Raytheon, släpps från ett flygplan och lär använda en scramjetmotor från Northrop Grumman. Förra året sa DARPA också att man arbetade med Aerojet Rocketdyne på ett projekt för att utveckla en hypersonisk raket som kan fänga fiendens missiler i luften.

USA globala partners har också ökat takten för att bygga hypersoniska vapen. SCIFiRE-programmet är en gemensam insats mellan Australien och USA för att sätta in raketförstärkta, luftandande, hypersoniska konventionella kryssningsmissiler som ska bäras och skjutas upp från stridsflygplan och P-8A Poseidon maritima övervakningsflygplan.

Det finns även ett brittiskt projektet, som tillkännagavs på Farnborough Air Show, för att försöka utveckla en supersnabb, obemannad luftfarkost, som kan leverera nyttolaster på stort avstånd och sedan återvända för att användas igen. Hypersonic Air Vehicle Experimental (HVX) -programmet kommer att använda innovationer inom luftandningsframdrivning som utvecklats under många år av företaget Reaction Engines för ett återanvändbart rymdplan.

## Datorfelen från yttre rymden

**Jorden utsätts för ett hagel av subatomära partiklar från solen och bortom vårt solsystem som kan vara orsaken till fel som drabbar våra telefoner och datorer. Och risken växer i takt med att mikrochiptekniken krymper.**  
[BBC Future](#)

När datorer gör fel tenderar vi att anta att det beror på programvara eller dålig programmering. Men joniserande strålning, inklusive protoner, som sveper mot oss från solen, kan också vara orsaken. Det kan vara omöjligt att veta om kosmiska strålar är inblandade i ett specifikt fel eftersom de inte lämnar några spår efter sig, men ändå har de pekats ut som möjliga syndare bakom många extraordinära fall av datorfel. Från en rösträkningsmaskin som lade till tusentals obefintliga röster till en kandidat, till ett kommersiellt flygplan som plötsligt tappade höjd mitt i flygningen och skadade dussintals passagerare.

Eftersom vi blir mer beroende av digital teknik är det värt att fråga hur stor risk kosmiska strålar utgör för vårt sätt att leva. Inte minst för att, med den fortsatta miniatyriseringen av mikrochipteknik, den laddning som krävs för att förstöra data blir mindre hela tiden. Gigantiska utkast från solen kan skicka enorma vågor av partiklar mot jorden och vi kan få se mycket mer störningar på datorer än vi är vana vid under en massiv geomagnetisk storm i framtiden.

I en mycket omdiskuterad incident föll en Qantas Airways-flygning 2008 över västra Australien hundratals meter två gånger inom tio minuter och skadade dussintals passagerare ombord. En undersökning av Australian Transport Safety Bureau visade att felaktiga datordata hade gett en felaktig bild av den vinkel i vilken flygplanet flög. Detta föranledde de två automatiserade dykningarna. Enligt rapporten fanns otillräckliga bevis för att joniserande partiklar hade förändrat datordata. Däremot bedömdes alla andra möjliga orsaker som osannolika.

Att något sådant kan hända har man förstått sedan åtminstone 1970-talet, då forskare visade att strålning från yttre rymden kunde påverka datorerna på satelliter. Denna strålning kan ta sig olika uttryck och komma från ett antal olika källor, både inom och utanför vårt solsystem.

Protoner som strömmar mot jorden från solen frigör neutroner från kärnorna i atomer i vår atmosfär. Dessa neutroner med hög energi har ingen laddning men de kan utlösa sekundär strålning som har en laddning. Eftersom bitar i datorminnesenheter ibland lagras som en liten elektrisk laddning, kan den sekundära strålningen som nu flyger runt vända dem från ett tillstånd till ett annat, vilket ändrar data.

Kosmisk strålning ökar med höjd, främst för att vår atmosfär hjälper till att skydda oss från den. Flygresenärer är till exempel mer utsatta för denna strålning än människor på marken, varför flygbesättningar har begränsningar för hur mycket tid de kan flyga varje månad.

Enstaka händelsestörningar inträffar i datorkretsar när högenergipartiklar som neutroner eller muoner från kosmiska strålar eller gammastrålar träffar kisel som används i mikrochips. Detta genererar en elektrisk laddning som kan ändra den interna spänningen hos närliggande transistorer, vilket skadar data som lagras där. I vissa fall kan dessa händelser förstöra mikroelektroniken helt och hållet, vilket gör datorn värdelös, men det kan också leda till tillfälliga förändringar som påverkar maskinens beteende till exempel när datorn begär en webbsida på internet eller när webbservern som den ansluter till



svarar på begäran.

I vissa scenarier finns det tillräckligt med data för att indikera att strålningen låg bakom. För att återgå till satelliter undersökte en grupp forskare nyligen mer än 2 000 bitfel som loggats av en satellit under ungefär två år i omloppsbana. Teamet publicerade resultaten av detta arbete 2020. Datafelen korregerades automatiskt under satellitens flygning, men om de hade stannat på plats skulle de ha förvrängt dess position.

Genom att analysera satellitens minnesregister kunde forskarna kartlägga när och var felen inträffade under dess omloppsbana. Ett stort antal av felen grupperades i ett område som kallas South Atlantic Anomaly (SAA), där det finns ökad kosmisk strålning ovanför jordytan. Det är välkänt att detta spelar roll för datorsystem på satelliter och rymdfarkoster. Enligt Nasa brukade astronauter på rymdfärjan märka att deras bärbara datorer ibland kraschade när rymdfärjan, som nu inte längre är i tjänst, passerade genom SAA.

Med ökningen av självkörande bilteknik är det möjligt att datorsystem på dessa fordon kan fungera felaktigt på grund av kosmiska strålar. Vad händer om bilder från en kamera monterad längst fram i bilen skadas och fordonsdatorn inte upptäcker en person som går ut framför fordonet?

Genom att generera bilder med förvrängningar som kan tänkas orsakas av kosmiska strålar, och använda detta för att träna artificiella neurala nätverk, kan man minska risken för sådana fel och göra framtidens självkörande bilar säkrare, men de skulle inte eliminera möjligheten att kosmisk strålning orsakar andra problem.

När transistorerna i datorchips blir mindre i nyare, mer avancerade halvledare blir de också mer mottagliga för elektromagnetisk störning. Dessutom finns det ett växande antal datorchips i enheter från telefoner till tvättmaskiner. I tvetydiga fall kan tvister om huruvida en människa eller tekniktilverkare - eller rymdväder - orsakade felet vara svåra att lösa.

I början av september 1859 rasade den mest intensiva geomagnetiska stormen som någonsin registrerats i planetens atmosfär. Vissa telegrafoperatörer rapporterade att de såg gnistor slå ut ur sin utrustning. En sådan incident kan potentiellt vara katastrofal och vår förståelse av fysiken inuti solen inte är tillräckligt välutvecklad för att vi ska kunna förutsäga stora solstormar i god tid.



## U-Space för drönare

### Rémi Vesvre Transportstyrelsen

**U-space är ett koncept av nya digitala tjänster, procedurer och lösningar. De är framtagna för att skapa en säker och effektiv tillgång till luftrummet i Europa för UAS-marknaden (dvs. drönarmarknaden). De digitala tjänsterna baseras på en hög grad av automation. På sikt ska de bli helautomatiserade för att kunna integreras i det konventionella luftfartssystemet.**

**U-space – för säker och effektiv tillgång till luftrummet för drönare**  
**EASA publishes first set of AMC/GM for the U-space Regulation**

Europeiska unionens byrå för luftfartssäkerhet (EASA) är kärnan i EU:s strategi för flygsäkerhet. Uppdraget är att främja och uppnå de högsta gemensamma standarderna för säkerhet och miljöskydd inom civil luftfart. EASA har sitt säte i Köln och har experter och handläggare från hela Europa.

Termen "U-space" har antagits för att beskriva hanteringen av obemannad flygtrafik för att säkerställa säker interaktion med andra enheter som använder samma utrymme i stadsområden och alla andra platser.

U-space tillhandahåller en plattform som möjliggör drönaroperationer i luftrummet tillsammans med nödvändiga gränssnitt mot den bemannade luftfarten, flygtrafikledning och myndigheter. Ett U-space-luftrum ska därför inte ses som ett avgränsat luftrum som endast är till för drönare. Det ska i stället ses som ett koncept som möjliggör integrering av den obemannade luftfarten i det konventionella luftfartssystemet. U-space tillgodoser det behov som i dag finns på marknaden och riktar sig till samtliga kategorier av drönaroperationer.

Detta är ett viktigt steg för drönarnas servicemarknad, eftersom implementering av U-space-luftrum och tjänster möjliggör mer komplexa drönaroperationer bortom den visuella siktlinjen, såsom drönaroperationer i stadsmiljö, över hela det europeiska luftrummet. Genomförandet av U-space-luftrum och U-space-tjänster utgör det första steget mot en säker integrering av bemannad och obemannad trafik i luftrummet.

Det offentliggjorda dokumentet är resultatet av ett samarbete som leds av EASA med mer än 30 experter och företrädare för civila luftfartsmyndigheter och industrin. U-space-regelverket har utvecklats med beaktande av den senaste utvecklingen från industrin och U-space-intressenter och representerar den senaste tekniken för U-space-konceptet, systemen och tekniken. Det tar på ett heltäckande sätt upp de många aspekterna och aktörerna i U-space-förordningen och banar väg för ett rättvist, effektivt, säkert och tryggt genomförande av U-space i Europa.

Initialt kommer implementeringen att ske i det undre luftrummet men i framtiden, när tekniken är mogen, kan operationer även ske på högre höjder.

U-space ska implementeras successivt åren 2021–2035, med fokus på fyra milstolpar:

U1 (2021): Grundläggande tjänster för e-registrering, e-identifiering och geografiska drönarzoner i enlighet med (EU) 2019/947.

U2 (2023): Initiala tjänster för planering och godkännande, spårning, dynamisk information om luftrummet och gränssnitt med flygtrafikledningen på procedurnivå.

U3 (2027): Utökade tjänster för kapacitetshantering när antalet drönare i luftrummet ökar och med stöd för konflikthantering.

U4 (2035 och framåt): Fullständiga tjänster och integrerade gränssnitt med flygtrafikledningssystemet och den bemannade luftfarten.



Ett U-space-luftrum är en geografisk UAS-zon med U-space-tjänster som tillhandahålls av tjänsteleverantörer (U-space Service Provider, USSP). Transportstyrelsen beslutar om upprättande av U-space-luftrum med krav på tjänster som ska tillhandahållas inom det aktuella U-space-luftrummet. Det kan till exempel vara i en flygplats kontrollzon eller i ett industri- och logistikområde.

De obligatoriska tjänsterna som ska tillhandahållas av USSP:er i ett U-space-luftrum är tjänster för nätverksidentifiering, geo-medvetenhet, flygtillstånd och trafikinformation.

Exempel på andra icke-obligatoriska tjänster i ett U-space-luftrum kan vara en väderinformationstjänst och övervakning- och överensstämelsestjänst. Transportstyrelsen kan också besluta om att ytterligare tjänster ska krävas för ett specifikt U-space-luftrum om det bedöms nödvändigt med hänsyn till flygsäkerheten.

Det kan finnas flera leverantörer av U-space-tjänster i ett U-space-luftrum. Som drönaroperatör kommer man att kunna prenumerera på dessa digitala tjänster via exempelvis applikationer i både dator och mobil.

EASA ser nu fram emot nästa steg i U-space-implementeringen, som formellt kommer att inledas i hela Europa från och med den 26 januari 2023 med ikraftträdandet av U-space-regelverket (förordningarna (EU) 2021/664, (EU) 2021/665 och (EU) 2021/666).

Inom en snar framtid kommer genomförandet att fortsätta med de första U-space-luftrumsbeteckningarna och USSP-certifieringarna (U-space Service Provider). Utöver inrättandet av regelverket kommer EASA att fortsätta att aktivt bidra till genomförandet av U-space genom att certifiera leverantörer av samhällsomfattande tjänster från tredjeländer (utanför EU) som avser att tillhandahålla tjänster i Europa.

De erfarenheter som alla U-space-intressenter har gjort under de inledande implementeringarna kommer ytterligare att göra det möjligt för EASA att förbättra och i slutändan förfinas U-space-regelverket i enlighet med lärdomarna från de första åren för säker och effektiv tillgång till luftrummet för drönare.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0664>

## Lättare än luft

**Luftskepp verkar dyka upp igen i luftrummet över Europa. Om fyra år är det planerat att de första passagerarna ska lyfta i ett transportsätt som nästan helt har legat i dvala sedan början av 1960-talet. Luftskepp har en viktig fördel: deras aerostatiska lyft innebär att ingen energi spenderas på att stanna uppe. Det ger otrolig energieffektivitet och är också effektivt för att lyfta nyttolaster.**

**Luftskeppets återuppkomst**

**Lighter-than-air drones: From blimps to balloons**

**Emerging Technologies Boost The High-Altitude Balloon Sector**

Nämn ordet "luftskepp" och det första man tänker på är bilderna av den brinnande Hindenburg vid dess förtöjning i New Jersey 1937. Sedan försvann luftskepp till stor del, särskilt eftersom andra världskriget och tillkomsten av turbojets gjorde hastighet till det viktigaste i flygningen. Den enda operatören av luftskepp under kriget var den amerikanska flottan, som använde dem för anti-ubåtpatruller och under hela 1950-talet, för luftburen tidig varning.

De mest synliga luftskeppen på senare tid har varit Goodyear Blimp, som i allmänhet fungerar som flygkameraplattform vid stora sportevenemang, och Zeppelin NT (Neue Technologie) -modellerna för turistflygningar med en kapacitet på upp till 16 passagerare.

Det har varit flera försök att få luftskepp tillbaka. Den som kommit närmast att lyckas var CargoLifter CL160, ett tyskt projekt i slutet av 1990-talet. Det var avsett att utveckla ett tungt fraktbärande luftskepp. Betydande finansiering plöjdes in i projektet, men det blev försenat och företaget fick slut på kontanter.

Luftskepp har länge diskuterats som en "ny" metod för att transportera tunga eller stora gods till avlägsna platser, särskilt i regioner med dålig infrastruktur för yttransport. Det verkar dock som om de kommer att användas i första hand som persontransporter.

Det brittiska företaget Hybrid Air Vehicles (HAV) utvecklar Airlander 10. Den är planerad att certifieras i slutet av 2024 och gå in i kommersiell tjänst 2026. Till skillnad från traditionella luftskepp är Airlander tyngre än luft och får nära hälften av sitt lyft från sin aerodynamiska form. Det lyftet kombineras med flytkraft från helium och vektoriserad dragkraft från motorer.

Till skillnad från traditionella luftskepp landar också Airlander på stora "skidor". Traditionellt har luftskepp förtöjts vid en mast ovanför marken. Att kunna lasta och lossa passagerare och gods på marknivå är en mycket enklare process.

Airlander 10 drivs idag av fyra förbränningsmotorer och har en maximal hastighet på 80 km/h. Den ger 75% mindre utsläpp än ett motsvarande flygplan, men HAV planerar att ersätta de två första och sedan alla motorerna med elmotorer under de kommande åren, vilket minskar utsläppen till noll.

Airlander är betydligt långsammare än ett konventionellt passagerarflygplan men kan kompensera denna nackdel genom att operera från exploaterade områden nära stadskärnor eller till och med från vatten. Airlander 10 kommer att ha en hytt som är lika lång som en Airbus A320, men rektangulär i tvärsnitt och betydligt bredare. Det mycket större kabinutrymmet jämfört med ett konventionellt flygplan gör det möjligt att erbjuda säten i affärsklass men utan affärsklasspriser. Den första användningen för fartygen kommer dock att vara lyxturism, med 16-passagerarkonfigurationer som möjliggör resor över natten. Även i en regional passagerarkonfiguration med 90 platser



kommer Airlander att ha fönster från golv till tak vilket ger en unik reseupplevelse.

I vad som kan bli ett genombrott för HAV har spanska regionala flygbolaget Air Nostrum tecknat sig för att förvärva Airlander 10. Flygbolaget är en del av en organisation som har intressen i flera olika transportformer, bland annat höghastighetståg, och överväger att använda Airlanders för att skapa ett nytt linjenät för städer, som för närvarande inte har en flygplats. Företaget har målet att starta passagerartrafik 2026.

Air Nostrum, som beskriver sig som Europas största privatägda regionala flygbolag, driver för närvarande en flotta på mer än 30 MHIRJ (tidigare Bombardier) regionala jetplan, plus fem ATR 72 turboprops. Flygbolaget tittar på att öppna nya destinationer och utnyttja Airlanders förmåga att landa på vilken platt mark som helst, eller till och med vatten. Airlander 10 kommer att kunna transportera 100 passagerare i en stor gondol. Kabinen har säten som är betydligt större än flygplanens. Detta i kombination med stora bildfönster och miljövänlighet – en allt viktigare faktor för passagerarna – kommer att göra flygplanet till ett attraktivt erbjudande för passagerarna. Möjligheten att gå ombord och gå i land nära en stad i stället för att resa kanske 50 km utanför en stad till en flygplats, kommer också att vara en plusfaktor.

Luftskepp kan flytta tunga eller stora laster till avlägsna platser, särskilt i länder med begränsad väg- eller järnvägsinfrastruktur. Den mycket större Airlander 50, som HAV siktar på att ha i drift i början av 2030-talet, kommer att kunna hantera upp till sex standard fraktcontainrar. Det är precis den roll som HAV:s franska motsvarighet, Flying Whales, tänker sig i områden, som norra Quebec (från vars regionala regering Flying Whales får finansiering), Franska Guyana eller Indonesien.

En anledning till att Flying Whales bestämde sig för att initialt välja frakt var att minska den tid certifieringen skulle ta, jämfört med en passagerarfarkost. Flying Whales LCA60T kommer att kunna lyfta upp till 60 ton i vad företaget beskriver som ett lastutrymme av aldrig tidigare skådad storlek (96 m långt). Förutom att lyfta överdimensionerad last för Flying Whales också diskussioner med FN:s World Food Program om att genomföra humanitära uppdrag.



Avsikten är att den inte ska landa, utan laster ska vinschas in och ut ur den på slingor. Flygplanet består av mer än 7 km kompositbalkar som utgör dess ryggrad och förankrar framdrivningspunkterna. Den kommer att täckas med textilpaneler.

Flying Whales LCA60T:s form är resultatet av flera komplexa kompromisser. För det första och viktigast av allt krävdes god aerodynamisk prestanda för att kombinera en hög marschfart på cirka 100 km/h med enkel hantering under flygning. Framdrivningssystemet, som använder lite energi, men som är utformat för att generera 1,5 MW för kontinuerlig drift och upp till 4 MW under toppprestanda, är utformat för att fördela denna effekt till 32 elmotorer vid 7 framdrivningspunkter. Detta gör att LCA60T kan stabilisera sig exakt över operationsområdet. I avsaknad av vingar placeras kraftgenererande turbiner inuti sidovingarna. Cockpiten kommer att sättas in i den främre delen av luftskeppet och rymmer en pilot och en lastmästare.

Det franska företaget siktar på en jungfruflygning i slutet av 2024, följt av cirka två års mark- och flygprov, som kulminerar i certifiering. Flying Whales har flera kommersiella avtal, främst med vindkraftsindustrin, som gör det möjligt för företaget att planera för en viss aktivitetsvolym.

Till skillnad från HAV har Flying Whales valt att försöka skaffa finansiering från såväl offentlig sektor som privata intressen. Quebec-regeringen liksom de franska och monegaskiska regeringarna har anslutit sig till projektet. Utvecklingskostnaderna uppskattas till 450 miljoner euro.

Ett område där luftskepp kan komma tillbaka är som drönare. Många luftskeppsdrönare fokuserar på reklam och skådespel. Det finns dock många andra användningsområden. Alla drönarapplikationer som prioriterar låg ljudnivå, energieffektivitet, hög räckvidd, hög bärbarhet eller ökad nyttolast kan dra nytta av en luftskeppsdrönare. Detta gör dem idealiska för att övervaka händelser som skogsbränder och naturkatastrofer. Olika instrument kan hängas under en drönare så att den kan mäta värmesignaturer, gasutsläpp, radioaktivitet eller väder. Förutom att fungera som en plattform för olika typer av kameror kan den också spåra vilda djur eller användas vid sökning och räddning.

Luftskepp producerar lyft genom att innehålla en gas som har en lägre densitet än den omgivande luften. Tidigare användes väte, en brandfarlig gas. Helium och varm luft är nu vanligare.

Luftskepp kategoriseras efter deras struktur. Icke-styva luftskepp har ingen intern struktur och förlitar sig enbart på mycket högt internt tryck för att skapa sin form. Ett halvstyvt luftskepp behåller sin struktur tack vare yttre element, som ett fackverk som är fäst vid kabinen. Styva luftskepp innehåller ett lätt skelett som bibehåller flygplansformen, oavsett nivån på inre tryck.

Komponenter i traditionella flygplan kan ersättas med tryck-

satta strukturer. Till exempel kan vingarna i en traditionell flygplansstruktur ersättas med uppblåsbara delar. Detta koncept har undersökts i flera årtionden, men har hittills inte tagit fart.

Till exempel utförde företaget ILC Dover militär flygforskning på 1970-talet och skapade Apterion-prototypen. Det var en 3,5 kg fjärrstyrd drönare med uppblåsbar vinge med en 1,5 m vingspann och 0,5 hk motor. Tanken var att skapa en bärbar plattform som kunde utföra rekognoscering eller engagera fiender vid frontlinjen. Även om den flög, slog den aldrig igenom hos militären.

Intresset har dock förnyats eftersom luftskepp kan ge utmärkt räckvidd, energieffektivitet och lyftkraft. Ett exempel på detta är Festo AG:s Air Ray med en uppblåsbar kropp och flaxande vingar för att skapa dragkraft. Detta företag är känt för att producera fascinerande drönare, såsom AirPenguin och AirJelly, baserat på pingviner respektive maneter. Framdrivning i dessa drönare genereras med en flaxande rörelse av flygkroppsbihang. Elektroaktiva polymerer, formminnestråd, servos och trycksatt gas kan användas som mekanismer för att ändra form under flygning.

Hyperblimpen är ett patenterat luftskepp, som skapar lyft med ett gashölje med hög längd till diameter. En drönare av denna design har lågt motstånd och nästan neutral flytkraft. De genererar lyft genom att höja nosen och långsamt röra sig mot luften, ofta med en propeller. Dessa drönare ser ut som flygande cigarrer och om de får slut på kraft, faller de mycket långsamt.



Hyperblimpen har relativt låg kostnad och smidig flygning. Dessa drönare kan lämpligen användas för flygfotografering och att undersöka avlägsna platser. De är utrustade med en mängd olika instrument och kan övervaka skogsbränder med infraröda sensorer eller hitta metaller med magnetometrar. På grund av deras nästan tysta flygning kommer vilda djur inte att störas av deras övervakning.

Företaget Mothership Aeronautics drönare liknar traditionella halvstyva luftskepp, och framdrivningen kommer från två stora propellrar eller kanalfäktar monterade på en köl under farkosten. Med en kombination av litiumjonbatterier och solpaneler förväntas kraftproduktionen vara större än strömförbrukningen för drönaren under flygning. Mothership Aeronautics Scout är en drönare med ett högt förhållande mellan längd och diameter. Denna 6,5 m drönare utnyttjar den plana ytan, som erbjuds av en luftskeppsdesign, och drivs av 400 W solpaneler med 127 solceller. Det finns en chans att NASA använder dem för att utforska andra världar. Just nu har organisationen finansierat forskning om en flygande vinge, som skulle kunna användas för att utforska Venus.



Företaget Spacial utvecklade en luftskeppsdrönare kallad Halo. Den är avsedd för reklam, filmning och övervakning eller mätning i inomhusutrymmen, till exempel en arena under ett sportevenemang eller på en ljudscen. Lyftet kommer från heliumet i kroppen, medan dragkraften kommer från små täckta propellrar monterade på ballongens sidor eller undersida. Det är tyst och energieffektivt och utgör en mycket låg risk för fotgängare i händelse av en krasch – till skillnad från en quadcopter.

NTT Docomos drönare använder ultraljudsframdrivning för att generera dragkraft. Ultraljudsmodulerna är utrustade på vardera sidan av drönaren och skapar vibrationer. Ultraljudsframdrivningssystemet använder mindre kraft än motorer och propellrar, och eftersom det inte finns några snurrande blad är det idealiskt för inomhusbruk.

Även om manövrerbarhet och övergripande hastighet fortfarande är ett problem med många luftskeppsdrönare, mildrar den tekniska utvecklingen denna nackdel. Sådana drönare är ofta billigare än sina motsvarigheter med fasta vingar samtidigt som de erbjuder långa flygtider och högre nyttolaster, till skillnad från drönare med flera rotoror. Även om relativt få har framgångsrikt kommersialiserats jämfört med roterande och fasta typer, kommer fler applikationer att bli verklighet när drönare blir ännu mer populära och användbara.

Inte alla drönare liknar luftskepp. Istället återupplivar vissa ballongen, men utökar den med kontroll- och dragkraftsenheter. Ballongdrönare är inriktade på inomhusbruk och marknadsförs som mycket säkra för användning runt människor.

Sedan 1783, när bröderna Montgolfier i Frankrike skickade ett får, en anka och en tupp upp i luften i sin luftballong, har människor använt anordningarna som är lättare än luften för att bära alla möjliga nyttolaster. Ändå försvann de från det allmänna medvetandet i och med flygplanen på 1900-talet. Den kinesiska ballongen med dinglande spionutrustning, stor som ett litet flygplan, som nyligen sköts ner över USA var på det sättet ett uppvaknande.

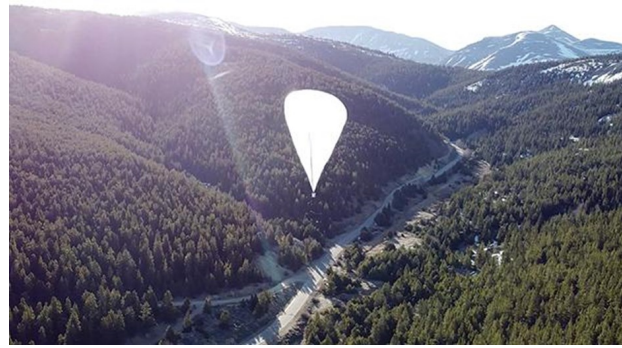
Faktum är att ny teknik gör det möjligt för ballonger att spela en större roll inom flyget igen. Lättviktsteknik ger mindre, mer användbara ballonger och maskininlärning gör det möjligt för ballonger att registrera vindar på höga höjder.

Moderna höghöjdsballonger, som den sort som Kina släppte ut i jetströmmen på väg till USA, förlitar sig vanligtvis på helium för att stiga och vinden för att bära dem till sina destinationer. Operatörer höjer eller sänker höjden på en ballong för att fånga vindar som rör sig i olika riktningar på olika höjder.

Att veta var man hittar rätt vind i stratosfären kan vara svårt. Men förbättringar av datoranvändning under de senaste åren gör att ballonger är mer användbara för fjärravkänningsoperationer.

Alphabets Project Loon, ett försök att sända internet från höjden, som lanserades 2011 och lades ner 2021, fick ändå stor betydelse för den framskridande stratosfäriska ballongnavigeringen. Med mer än en miljon flygtimmar använde företaget djup förstärkningsinlärning, en maskininlärningsteknik som gör det möjligt för en plattform att lära sig genom försök och misstag, för att utveckla ett autonomt navigationssystem. Loon var avgörande för att visa världen vad som var möjligt med kontrollerad stratosfärisk ballongflygning.

Två andra framväxande teknologier har också förändrat ballongindustrin nämligen miniatyrisering av elektromekaniska och



optiska system, och nya tunna filmer och tyger med noll porositet för ballongskinn. Förr vägde användbara optiska och elektromekaniska system många kilo och de lättaste tunna filmerna var både relativt tunga och ömtåliga.

Det gjorde att stora och tunga ballongsystem var tvungna att skjutas upp från fast infrastruktur, vilket begränsade var de kunde övervaka. Men under det senaste decenniet kom mindre, billigare mobilavfyrningsballonger som säkerställde överflygning av ballongen över exakta målområden helt enkelt genom att den kunde skjutas upp närmare målområdet och till en rimlig kostnad.

Företag som Urban Sky, World View och Near Space Labs försöker marknadsföra ballonger på hög höjd som ett billigare och bättre sätt att övervaka jorden än satelliter eller flygplan. Det är kanske det kineserna också har upptäckt.

Ballonger flyger närmare jorden, vilket möjliggör datainsamling med högre upplösning. Near Space Labs säger att dess bildupplösning för synligt ljus är 10 cm per pixel till exempel. Kostnaden för att skjuta upp en ballong är också mycket mindre än för en satellit och ballonger kan sväva över en plats istället för att snabbt passera över den, precis som satelliter med låg omloppsbana kring jorden. World View säger att dess ballonger kan sväva över ett område av intresse i upp till 45 dagar.

Ballonger kan bära en mängd olika sensorer, inklusive elektrooptisk, infraröd, radar, hyperspektral och termisk utrustning. Sensordata kan bland annat användas för tillgångsövervakning, inspektion av rörledningar och elledningar, spårning av skogsbränder och stormar, forskning om klimatförändringar och jordbruks- och havsövervakning.

World View har också samarbetat med Sierra Nevada Corp. för att integrera militära nyttolaster genom att inkludera underrättelse-, övervaknings- och spaningsutrustning, sensorer för elektronisk krigföring, kommunikationsnätverk och cyberintelligensenheter i sina ballonger.

Med den snabbt växande rymdekonomin, inklusive jordobservationssektorn, som beräknas nå 1 biljon dollar i värde år 2030, återstår det att se hur mycket ballongindustrin kan expandera. Men när ballonger är användbara var som helst, när som helst och kan utföra uppgifter vid jorden, i rymden eller atmosfären, kanske de äntligen kommer att hitta sin plats i rymdfartens ekosystem med användbarhet i paritet med satelliter. Kanske kommer i nästa decennium, stora, luftskepp och ballonger med passagerare och gods att flyga tyst över världens städer igen. Och kanske kommer folk att titta upp och undra: 'Varför tog det så lång tid att få tillbaka dem?'

## Framtidens flygmotorer

**Satsningen på att minska bränsleförbrukning, utsläpp och buller driver fortfarande utvecklingen av civila jetmotorer, men en våg av ny teknik förändrar hur dessa mål kan uppnås. Det gäller allt från växlade och öppna fläktar till mindre kärnor, hybridelektrisk kraft, nya cykler, nya material och alternativa bränslen.**

[https://aviationweek.com/aerospace/aircraft-propulsion/Electrified Aircraft Propulsion \(EAP\) - Glenn Research ...](https://aviationweek.com/aerospace/aircraft-propulsion/Electrified-Aircraft-Propulsion-(EAP)-Glenn-Research...)  
[Daily Mail \(UK\)](#)

Osäkerhet om hur flygplanstillverkare kommer att möta marknadens efterfrågan under det kommande decenniet bidrar också till motortillverkarnas utmaning. Det finns ännu inga tydliga tecken på vilka flygplan, som kommer att ersätta dagens Airbus A320- och Boeing 737. Hur mycket av dragkraften kommer att produceras direkt av gasgeneratoren och hur mycket från alternativa källor som elektriska eller hybridelektriska? Kommer vätsgasbränsle att vara realistiskt för nästa generation, direkt som gas eller i en bränslecell?

Airbus hoppas kunna sätta in den första i en familj av hybridväte drivna flygplan under sitt ZEROe program. Boeings nästa generations engångsplan är fortfarande mer okända, särskilt som de fortsätter att överväga när 787 ska ersätta dagens 737-familj.

Lärdomar från företagets forskningsprogram Transonic Truss-Braced Wing (TTBW) - en kandidat för NASA: s Sustainable Flight Demonstrator lär spela en nyckelroll i vad som än ersätter 737 och motorerna som kommer att driva den. TTBW har varit i vindtunnel i tio år och för 2030-2040 kan en sådan konfiguration med avancerat material och avancerade framdrivningssystem vara 30% effektivare än idag, men frågan om vad som kommer att driva den är fortfarande obesvarad.

Pratt och Whitneys växlade fläktsystem GTF är ett alternativ som studeras för nästa generations turbofläktar. Fram till nyligen har Pratt bara diskuterat den potentiella utvecklingen av GTF i vaga termer, men färdplanen bygger på ett brett spektrum av framdrivnings- och termodynamiska effektivitetsförbättringar varav många redan är på gång. I slutändan inkluderar dessa alternativ också nya cykelanpassningar baserade på mer el- och hybridkraftutveckling som studeras, både internt och med Pratts långsiktiga partner i Tyskland, MTU.

Dessa koncept inkluderar Pratts väteånginsprutade mellankylida motorkoncept, som är utformat för att utnyttja vätets fulla potential genom att gå utöver dess användning som bränsle till att också maximera dess kryogena egenskaper, sänka utsläppen och förbättra termodynamisk prestanda. MTU studerar också Water-Enhanced Turbofan (WET) för att bygga vidare på en förbättrad version av GTF till 2035. WET-motorn använder en kondensor för att samla vatten från avgaserna och en värmeväxlare för att förångare vattnet till ånga, vilken sedan injiceras i brännkammaren.

Planer finns att öka "bypass-förhållandet" för GTF-motorn från 12,5: 1 i dagens GTF till 14: 1 genom att öka fläktdiametern utöver befintliga 81 tum. GTF-familjen har för närvarande en aluminium- och titanfläkt, men nästa generations design kommer att baseras på ett 3D-vävt kompositmaterial. Det kommer att göra det möjligt att nå de högre bypass-förhållandena och att gå till de lägre fläkttrycksförhållanden, som behövs för nästa generations GTF-motorer.

Pratt har också arbetat med finansiering från NASA på en mängd olika tekniker med fokus på att förbättra kompressorns



aerodynamiska effektivitet och tätning. Dessutom utvecklas kylfunktionerna i turbinen med hjälp av avancerad teknik, som först kommer med Advantage-motorn, en uppgraderad PW1100G-variant som för närvarande genomgår certifieringsprov. Pratt har en bred nästa generations GTF-teknikplan för att utveckla en motor med minst 10% bättre bränsleeffektivitet jämfört med nuvarande motorer i slutet av decenniet.

General Electrics och Safrans joint venture CFM har å andra sidan ett avtal med Airbus om att flygprova på en A380 det öppna fläktframdrivningssystemet som utvecklas under Revolutionary Innovation for Sustainable Engines (RISE) - programmet. CFM, som avslöjade RISE teknikplan 2021, påpekar att initiativet täcker ett brett spektrum av ny teknik bortom öppna fläktar.

RISE siktar på en 20-procentig minskning av bränsleförbrukning och CO2 utsläpp jämfört med nuvarande motorer i klassen 20,000-35,000-lb. Förutom 3.9 meters diameter på den öppna fläkten kommer motorn att innehålla ett överföringssystem med hög effekt och en ny kompakt högtrycks kärna för att öka termodynamisk effektivitet. Den kommer också att innehålla ett system för att förvärma förbränningsluft med spillvärme från avgaserna och en rad avancerade material som keramiska matriskomposit i den heta sektionen och hartsgjutna kompositfläktblad.

Hybridelektrisk kraft för engångsmotorer studeras också av GE inom RISE. GE har slutfört simulerade höjdprov av en modifierad hybridelektrisk CT7-turboprop i NASA: s Electric Aircraft Testbed-anläggning i Sandusky, Ohio, under deras Electrified Powertrain Flight Demonstration-projekt.

Prov av högeffekts- och högspänningssystemet inkluderade två uppsättningar elmotor/generatorer, kraftomvandlare, kraftöverförings- och effektkontrollsystem och visade framgångsrikt prestanda och drift av komponenterna i en replikerad flygmiljö upp till 45 000 fot. Tekniken siktar på att tas i bruk i mitten av 2030-talet och riktar sig till både kommersiella hybridelektriska turboprops för framtida regionala transporter samt den hybridiserade RISE turbofläktfamiljen.

## Framtidens flygmotorer

20

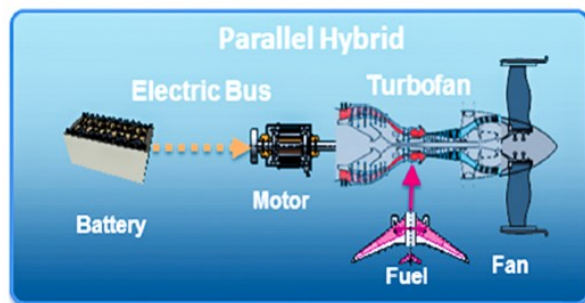
Rolls-Royce har slutfört konstruktionen av sin UltraFan-teknikdemonstrator. Nästa steg blir att se UltraFan köras på 100% hållbart flygbränsle för första gången 2023, vilket visar att tekniken är redo att stödja mer hållbara flygningar i framtiden. UltraFan-demonstratorn kombinerar en helt ny motordesign med en fläkt diameter på 3,5 meter och erbjuder en 25% förbättring av bränsleeffektiviteten jämfört med första generationens Trent-motor.

På kortare sikt kan teknik från UltraFan-programmet överföras till nuvarande Trent-motorer för att ge större bränsleeffektivitet och utsläppsminskningar. På längre sikt erbjuder UltraFans skalbara teknik potential att ytterligare minska bränsleförbrukningen hos flygplan med upp till 10%.

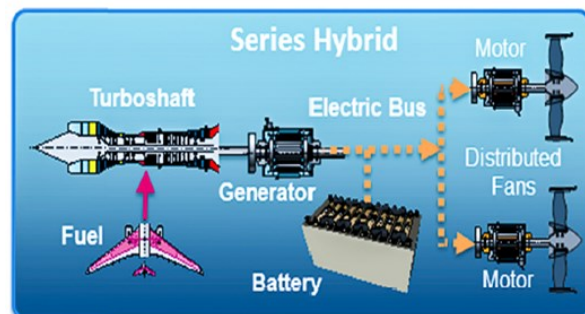
NASA Glenss forskning inom Electrified Aircraft Propulsion (EAP) har visat att elektriska koncept kan minska energianvändningen, utsläppen och driftskostnaderna för engångsflygplan, som omfattar det största segmentet av bränsleförbrukning. Även små förbättringar av bränsleeffektiviteten på denna marknad kommer att ha stor inverkan på utsläppen. NASA och dess branschpartners utforskar sex olika elektriska framdrivningsarkitekturer för elektrifierade flygplanskoncept, inklusive en helelektrisk systemkonfiguration, tre hybridelektriska och två turboelektriska.

Helelektriska flygplanssystem använder batterier som den enda källan till framdrivning. Hybridelektriska flygplanssystem använder gasturbinmotorer för framdrivning och för att ladda batterier som också ger energi för framdrivning under flygning.

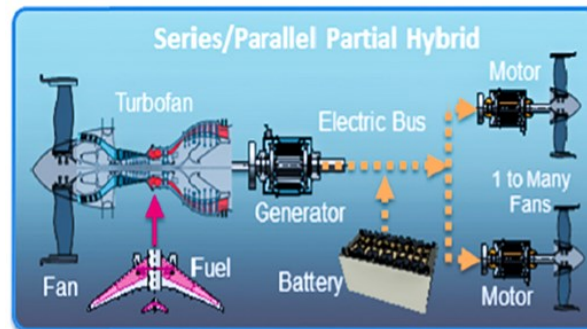
Det finns flera typer av hybridelektriska flygplan. Parallell hybrid är ett system, som använder en batteridrivna motor och gasturbinmotor båda monterade på en axel som driver fläkten, så att en eller båda kan ge framdrivning när som helst.



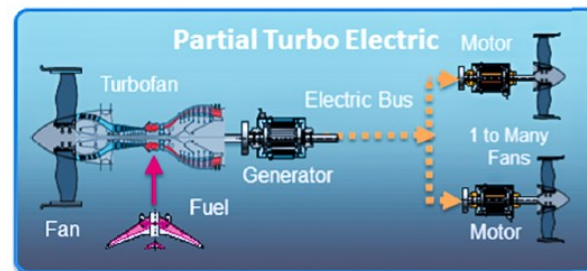
Serie hybrid är ett system där endast elmotorerna är anslutna till fläktarna, och gasturbinmotorn används för att driva en elektrisk generator som driver motorerna och/eller laddar batterierna.



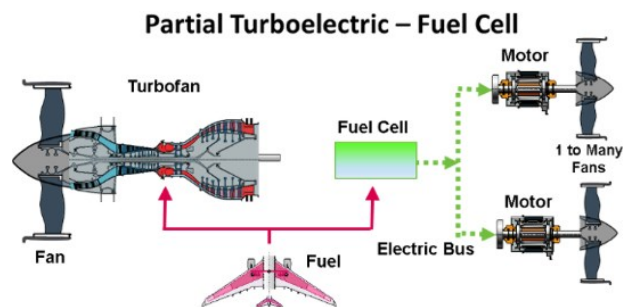
I en serie/parallell partiell hybrid kan en eller flera fläktar drivas direkt av en gasturbinmotor och ytterligare fläktar som uteslutande drivs av elmotorer kan drivas av ett batteri eller en turbindriven generator.



Turboelektriska flygplanssystem använder inte batterier för framdrivningsenergi under flygning, utan förlitar sig snarare på gasturbiner för att driva elektriska generatorer för att ge ström till växelriktare och individuella likströmsmotorer (DC) som driver enskilda distribuerade elektriska fläktar.



Istället för att låta turboflätten driva en generator för att ge elström till de elektriska fläktarna, kan man också använda en bränslecell med ett kryogent energihanteringssystem.



Högeffektiva elektrifierade flygplan kommer att kräva mindre energi, minska flygresornas inverkan på miljön och möjliggöra billigare flygresor. Varför har vi då inte haft elflygplan tidigare? En orsak är vikten. Ju tyngre ett flygplan är, desto mer kraft krävs det för flygning. En annan orsak är värme. I nuvarande kraftsystem avleds 20% av energin som överskottsvärme som måste kylas bort. Man måste därför utveckla mycket ny teknik, inklusive motorer, omvandlare, kretsbrytare, batterier och kylsystem för att hålla komponenterna kylda samtidigt som vikt och värmeförlust minimeras. Att gå över till elektrisk framdrivning är en stor teknisk insats och ännu vet vi inte vart utvecklingen leder.



## Robotslända

**Forskare från Duke University har skapat en mjuk, sländformad robot kallad DraBot, som kan användas för att samla in miljödata. Roboten skummar över vattnet och reagerar på miljöförhållanden som pH, temperatur och närvaro av olja.**

[Dragonfly shaped soft robot can skim water to detect pollution](#)

Mjuka robotar är en växande trend på grund av deras mångsidighet. De mjuka delarna kan hantera känsliga föremål som styva delar kämpar för att kontrollera. Mjuka kroppar hjälper också robotar att flyta eller klämma sig in i trånga utrymmen där stela kroppar skulle fastna.

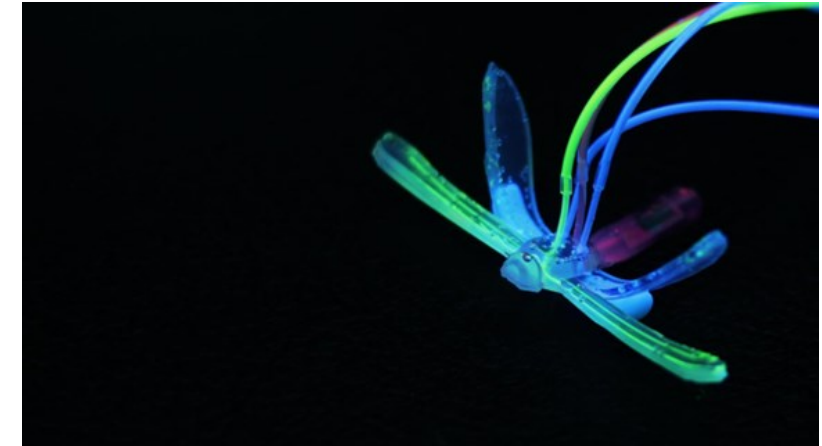
De senaste framstegen inom mjuk robotik har lett till utvecklingen av robotar med komplexa rörelser, som drivs av levande celler, kemiska reaktioner eller elektronik. Ytterligare innovationer behövs dock för att skapa nästa generations mjuka robotar som kan utföra alltmer avancerade funktioner och rörelser. Material, som innehåller "smarta" funktionella egenskaper kan bidra till utvecklingen av robotsystem med inbyggd mekanisk lyhördhet och funktioner.

År 2012 skapade ett team av forskare en självläkande hydrogel som reagerar på förändringar i pH inom några sekunder. Förändringen i surhet gör att väten bildar nya bindningar som är reversibla när pH återgår till normala nivåer. Man ville sedan hitta ett sätt att använda denna hydrogel på en mjuk robot som kunde resa över vatten och indikera pH-förändringar.

Man började med att konstruera en mjuk robot baserad på en fluga, men i slutändan bestämde man sig för en trollsländform konstruerad med ett nätverk av inre mikrokkanaler som gjorde att roboten kunde styras med lufttryck. Kroppen var sex cm lång med ett fyra cm vingspann. Mjuk litografi användes för att skapa inre kanaler anslutna till en flexibel silikonslang.

Roboten arbetar genom att styra lufttrycket som kommer in i vingarna. Mikrokkanaler för luft in i de främre vingarna, och den går ut genom en serie hål som pekar direkt in i vingarnas baksida. Om båda bakvingarna är nere blockeras luftflödet och DraBot rör sig inte. Om båda vingarna är uppe går DraBot framåt.

Ballongställdon placerades under var och en av bakvingarna, nära DraBots kropp, som ett extra kontrollelement. När de blåses upp får ballongerna vingarna att krulla uppåt. Genom att ändra vingarnas



position får DraBot veta vart den ska flyga.

Genom att använda dessa materialkonstruktioner tillsammans med hyperelastiska mjuka ställdon för att styra drivmedlets fördelning och riktning skapas en krets av pneumatisk och mikrofluidisk logik i den sländaformade kroppen, som gör det möjligt för roboten att genomgå användar- och miljökontrollerad rörelse över vattenytan. Förutom att styra roboten att skumma ytan, utnyttjas material-egenskaperna också för att upptäcka vattenförsurning, temperaturförändringar och hydrofoba föroreningar som olja.

Den självläkande hydrogelen gör att DraBot kan röra sig som reaktion på miljön. En uppsättning vingar är målade med hydrogel och gör DraBot lyhörd för förändringar i det omgivande vattnets pH. Om vattnet blir surt smälter en framvinge samman med bakvingen. Detta orsakar en obalans och roboten snurrar i en cirkel. När pH-värdet återgår till det normala separeras vingarna, vilket gör att DraBot blir fullt lyhörd för kommandon igen.

Forskarna placerade svampar under vingarna och dopade vingarna med temperaturkänsliga material. När roboten skummar över vattnet med olja som flyter på ytan, suger svamparna upp det och byter färg till motsvarande färg på oljan. När vattnet blir alltför varmt ändras vingarna från rött till gult.

Dessa mätningar kan spela en viktig roll i

en miljörobotsensor i framtiden. Lyhördhet för pH kan upptäcka sötvattenförsurning, vilket är ett allvarligt miljöproblem som påverkar flera geologiskt känsliga regioner. Det kan också användas för upptäckt av oljeutsläpp, tecken på rödsvatten och blekning av korallrev, vilket alla leder till en minskning av vattenlevande liv.

Det finns förbättringar som kan göras i DraBot. Till exempel skulle införlivandet av trådlösa kameror och solid state-sensorer, som fungerar tillsammans med de materialbaserade avkänningarna och förändringarna i rörelse, ytterligare förbättra robotens rapporteringsfunktioner. Även om robotens bundna natur innebär begränsningar som trassel av tråden, vill man skapa en större inbyggd drivmedelsreservoar, som skulle stödja rörelse på längre avstånd.

Design-, tillverknings- och integrationsstrategierna som demonstrerats banar väg för att utveckla futuristiska multifunktionella mjuka robotar, biomedicinska apparater och miljöövervakningssonder. DraBot i den nuvarande konfigurationen är högst kapabel att upptäcka miljöföroreningar, men man kan också tänka sig att använda en svärm av sådana smarta robotar för att rensa ut oljeutsläpp. Förutom att utforska miljön kan smarta och mjuka robotar också hitta applikationer inom vården eller andra områden.

## Historia vätgasdrivna flygplan

**Vätgasdrivna flygplan kan visa sig vara det bästa sättet för flygindustrin att uppnå nettonollutsläpp av koldioxid senast 2050, ett mål som fastställdes 2021 av International Air Transport Association, en flygbolagsorganisation. Nu pågår en intensive utveckling på området, men tanken är inte ny. Den härstammar ända från femtioalet.**



**Martin B-57B**

Under det kalla kriget på 1950-talet använde amerikanerna regelbundet spionplan för uppdrag över Sovjet. Det krävde flygplan, som kunde flyga på höjder utanför räckvidden för sovjetiska mark-till-luft-missiler. Med standard JP-4 jetbränsle hade det då använda Lockheed U-2 ett absolut tak på cirka 20 km, vilket ansågs vara i lägsta laget. Ett plan sköts också ner 1960. Piloten Gary Powers räddade sig, men det blev en internationell skandal.

Ingenjörer hade redan tidigare funnit att det absoluta taket för ett plan kunde vara så högt som 27 km, när man använde väte som bränsle. Med kodnamnet "Projekt B" gavs uppgiften att driva ett flygplan med väte till National Advisory Committee for Aeronautics (NACA). Eftersom vindtunnelproven utfördes med en Wright J65 turbojetmotor, valdes Martin B-57B Canberra som provflygplan. Planen var att utrusta planet med ett oberoende vätebränslesystem separerat från det vanliga jetbränslesystemet. Motorerna behövde också modifieras för att fungera med antingen jetbränsle eller väte.

Tanken var att flygplanet skulle lyfta med vanligt jetbränsle för att när det väl kom till en höjd av 15 km, låta en av motorerna köra på väte. När vätgasflygningen var över skulle planet byta tillbaka till jetbränsle för landning. Under flygplanets ombyggnad utrustades det med två specialbyggda vingspetstankar, en innehållande väte och den andra helium. Heliumet skulle användas för att trycksätta väte-tanken för att mata motorn.

I februari 1957 flög en Martin B-57B från NACA på väte i 20 minuter. B-57-flygningarna visade inte bara att väte kunde driva jetmotorer, ännu viktigare var att den kryogena vätskan kunde lagras och pumpas säkert. Trots projektets framgång slutade proven eftersom flygvapnet inte längre behövde flygplan för att flyga

på så hög höjd. Det var bättre att använda satelliter för att spana på fienden.

Det blev istället Sovjet som fortsatte experimenten med vätgasdrivna flygplan. Den 15 april 1988 flög Tu-155, ett anpassat Tu-154-flygplan, som användes som en testbädd för alternativa bränslen. Det var världens första experimentella flygplan som opererade på väte och senare flytande naturgas. Den liknande Tu-156 byggdes dock aldrig.

Under perioden som följde lyfte Tu-155 från Schukowski på mer än hundra provflygningar. Den gjorde dock bara en del av dessa med väte ty från januari 1989 provade Tupolev främst naturgas som ersättning för fotogen. Det fanns tillgängligt billigt och i stora mängder i Sovjetunionen. Till skillnad från idag baserades arbetet mera på ekonomiska än på ekologiska skäl. På den tiden trodde man att råoljan skulle kunna bli en bristvara senast i början av 2010-talet – och fotogen därför dyrt. Vätgas kunde däremot produceras relativt billigt med hjälp av kärnkraft.

Tupolev-ingenjörerna stötte dock redan då på en central utmaning vid användningen av väte. Det kan endast lagras i flytande form med rimlig volym, men det behöver då konstant kylning vid minst minus 253 grader Celsius. Även om det då ger tre gånger mer energi per kilo än fotogen, så tar det ändå upp fyra gånger utrymmet. Det är därför det måste förvaras under högt tryck, vilket i sin tur kräver cylindriska eller sfäriska tankar – och dessa kan inte längre rymmas i vingarna som med fotogen.

Tupolev löste volymproblemet på ett pragmatiskt sätt. Kabinen på Tu-155 hade inga säten. Istället, förutom provutrustningen, fanns det hela batterier av tankar av väte eller naturgas. Ingenjörerna måste också anpassa tre dussin andra system och komponenter för att projektet skulle lyckas.

En produktionsversion av Tu-155, Tu-156, var redan under planering. Där tänkte man sig lagring av tankar i den bakre tredjedelen av kabinen, separerade från passagerarområdet med ett tryckskott. Det var mycket likt vad Airbus för närvarande överväger med två av sina tre vätgasflygplansprojekt. Tu-156 var tänkt att flyga cirka 1997, men avbröts på grund av Sovjetunionens fall.

Tu-155 använde Kuznetsov NK-88-motorer och flög fram till Sovjetunionens fall och det lagras för närvarande på Ramenskoye flygplatsen nära Zhukovskiy. Tu-155 flög cirka hundra flygningar innan den ställdes av.



**Tu-155**

Studierna av vätedrivna flygplan fortsattes istället inom EU. Europeiska unionens forskningsprojekt CRYOPLANE i samarbete med Airbus och 34 partnerföretag bedömde den tekniska genomförbarheten, säkerheten, miljökompatibiliteten och den ekonomiska lönsamheten med att använda flytande väte som flygbränsle. Detta avslutades 2002 (och slutrapporten offentliggjordes 2003).

Cryoplane-projektet gjorde en övergripande systemanalys av väte som flygbränsle som en del av ett tvåårigt femte ramprogram kallat Liquid Hydrogen-fuelled Aircraft System Analysis på 7,29 miljoner euro (10,4 miljoner dollar) som slutfördes 2002.

Forskare fann att flygplan skulle kräva bränsletankar fyra gånger större än dagens. Beräkningar visade att de större yttre yttorna skulle öka energiförbrukningen med 9% till 14% och de totala driftskostnaderna med 4% till 5%. Studien drog dock slutsatsen att vätgasdrivna motorer var lika energieffektiva som fotogenmotorer.



rer, att konventionella turbofläktmotorer kunde konverteras för att köras på väte och att genomförandet kunde ske inom 15 till 20 år

På kort sikt hade emellertid intresset ökat för att använda bränslecellsflygplan som personliga flygfordon. I ett försök att utveckla miljövänlig teknik för flyg- och rymdtillämpningar planerade Boeing-forskare i Madrid och industripartners i hela Europa att genomföra experimentella flygprov av ett bemannat flygplan som endast drevs av en bränslecell och lätta batterier. Huvudsyftet med detta projekt var att demonstrera bemannad flygning med bränsleceller som enda kraftkälla.

Boeing konverterade en 2-sitsig Diamond DA20 för att köras på en bränslecell. Diamond Aircraft Industries i Österrike byggde planet för att inkludera ett hybridsystem bränslecell / litiumjonbatteri, som drev en elmotor i kombination med en konventionell propeller.

Den flög första gången den 3 april 2008. Under tre provflygningar klättrade flygplanet till en kilometers höjd. Efter att ha nått marschhöjd och kopplat bort batterierna flög piloten rakt och jämnt med



en marschfart på 62 km/h i 20 minuter på kraft som enbart tillhandahålls av bränslecellerna. Bränslecellssystemet var den viktigaste strömkällan och levererade tillräcklig elektrisk kraft för nivåflygning. För start och klättring gick flygplanets batterier in för att ge en extra boost.

I juli 2010 presenterade Boeing sin vätgasdrivna Phantom Eye UAV, som använde två konverterade Ford Motor Company kolvmotorer.

Under 2010 avslutade Rapid 200FC, ett tvåsitsigt civilflygplan designat i Tjeckien, sex flygprov, som drevs av gasformigt väte. Flygplanet och el- och energisystemet utvecklades inom EU:s ENFICA-FC-projekt som samordnades av Politecnico di Torino. Vätgasen lagrades vid 350 bar och matade in 20 kW bränslecell, som drev en 40 kW elmotor tillsammans med ett 20 kW litumpolymerbatteripaket.

Huvudmålet med ENFICA-FC-programmet var att studera och demonstrera möjligheten att få ett mer elektriskt flygplan genom integrering av bränslecellsteknik som huvudströmförsörjningssystem. Under den treåriga forskningsverksamheten kom ett bränslecellsaserat kraftsystem att konstrueras, utvecklas och installeras i ett ultralätt flygplan för att uppnå den första bränslecells bemannade flygningen.

Den 11 januari 2011 slutförde ett obemannat flygplan från AeroVironment Global Observer sin första flygning som drevs av ett vätgasdrivet framdrivningssystem. AeroVironment Global Observer var ett koncept för en obemannad flygfarkost med hög höjd och lång uthållighet, designad av AeroVironment (AV) för att fungera som ett stratosfäriskt geosynkront satellitsystem med regional täckning.

Fyrsitsiga DLR HY4 utvecklades av Tysklands DLR Institute of Engineering Thermodynamics och drevs av en vätebränslecell. Dess första flygning ägde rum den 29 september 2016. Den har möjlighet att lagra 9 kg väte, har 4x11 kW bränsleceller och 2x10 kWh batterier. Flygplanet kan användas i regional transport som en elektrisk flygtaxi och fungera som ett

hållbart lufttransportalternativ till konventionell transport. HY4: s dubbla flygkroppsdesign är baserad på Pipistrel Taurus G4-flygplanet. Varje flygkropp har plats för två passagerare och är ansluten med en mittvingesektion som innehåller framdrivningsenheten.

Flera andra projekt rörande mindre flygplan har startats de senaste åren. Under ledning av Cranfield Aerospace Solutions (CAeS) startade Project Fresson (uppkallad efter den skotske pionjärflyga-



renTed Fresson) den 1 oktober 2019. Planen är att konvertera en Britten Norman BN-2 Islander till vätgasbränslecellsdriven elektrisk flygning.

Från och med 2021 utvecklar ZeroAvia aktivt flygplan med en bränslecellsdrivlina, som kan transportera upp till 20 passagerare. I december 2021 presenterade UK Aerospace Technology Institute (ATI) stödda av bl a Airbus, Rolls-Royce, GKN och General Electric, sin FlyZero-studie av kryogent flytande väte som används i gasturbiner för ett flygplan med 279 passagerare med 9 720 km räckvidd.

I september 2020 presenterade Airbus tre ZEROe vätgasdrivna koncept som syftade till kommersiell service till 2035. Det var en turboprop med 100 passagerare, en turbofläkt med 200 passagerare och en futuristisk design baserad på en blandad vingkropp.

Forskare vid Pennsylvania State University i USA trodde redan 2006 att stora kommersiella vätgasflygplan skulle kunna byggas 2020, men som det nu ser ut kommer de förmodligen inte att tas i bruk förrän närmare 2040.



## Kinas rymdplaner



**22 dec [Space News](#)** Kina lägger fram en tydlig och oberoende långsiktig vision för rymden. Wu Yansheng, ordförande för China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC), landets främsta rymdentreprenör, skisserade en rad mål i en föreläsning, som sändes av China Central Television 20 december. Bland ambitionerna finns kända planer för en bemannad månlandning tillsammans med andra utforsknings- och transportmål, samtidigt som man betonar vikten av rymdinfrastruktur och utvecklar kapacitet som service i omloppsbana. Planen är tekniskt och ekonomiskt oberoende, när USA vidtar åtgärder för att "frikoppla" från ekonomiskt engagemang med Kina. Den övergripande ambitionen är att göra Kina till en av världens främsta flygmakter år 2030 och att bli en heltäckande rymdmakt år 2045. Huvudteman fokuserar på rymdtransport, rymdutforskning och nationell civil rymdinfrastruktur; den senare kombinerar sannolikt jordobservation, telekommunikation och navigering och positionering av konstellationer och tjänster och ger global täckning. Rymdtransport betonar att utveckla smarta och återanvändbara bärarketer för att ge ekonomisk, snabb och pålitlig tillgång till rymden.

## Gripen E nu i Brasilien



**19 dec [Press releases | Saab](#)** Gripen E är nu i drift med brasilianska flygvapnet. Det brasilianska flygvapnet (FAB) höll en ceremoni den 19 december på Anápolis Air Base, vilket markerade början på operativa aktiviteter för Gripen E-stridsflygplanen (kallad Gripen F-39 i Brasilien). Denna viktiga milstolpe följer efter flygprovfasen i Brasilien som startade i september 2020 med ankomsten av ett provflygplan och som genomfördes vid ett Gripen Flight Test Center beläget vid Embraer-fabriken i Gavião Peixoto. I november uppnådde Saab den certifiering som krävs för militär användning av Gripen E, vilket intygar att flygplanet har uppfyllt vissa luftvärdighets- och flygsäkerhetskrav och var ett viktigt steg inför operativa aktiviteter med FAB. Detta beviljades av både de svenska och brasilianska militära myndigheterna, företrädare av Luftfartsinspektionen (FLYGI) och Industrial Fostering and Coordination Institute (IFI) i Brasilien. Detta är för närvarande det mest omfattande pågående tekniköverföringsprogrammet i Brasilien och det är definitivt det största som någonsin gjorts av något svenskt företag. Det ger den brasilianska försvarsindustrin kunskapen att utveckla, producera, prova och underhålla en avancerad supersonisk fighter.

## GKN vätgas bränslecell



**28 dec [GKN Press](#)** GKN Aerospaces utvecklar ett kryogent elektriskt drivsystem i megawattskala med bränsleceller. H2GEAR är ett banbrytande brittiskt samarbetsinitiativ lett av GKN Aerospace med målet att utveckla ett flytande väteframdrivningssystem för subregionala flygplan, som kan skalas upp till större flygplan. Flytande väte omvandlas till elektricitet i ett bränslecellssystem. Ett kryogent kylnät kommer att användas för att maximera prestandan hos kraftdistributionsnätet och den elektriska maskinen. Denna el driver effektivt flygplanet, eliminerar koldioxidutsläpp och skapar en ny generation av rena luftresor. Det avancerade R&I-centret IAAPS kommer att leverera viktiga aspekter av det omfattande prov- och valideringsprogrammet vid sitt nya FoI-centrum med både grön väteproduktion och flytande vätelagring. Samarbetet är inte bara ett viktigt steg i utvecklingen av kommersiellt gångbar vätegas teknik för luftfarten, utan ger också ett betydande bidrag till den "brittiska regeringens vätegasstrategi" som syftar till att upprätta en blomstrande vätegassektor med låga koldioxidutsläpp senast 2030.

## Airbus vikvinge



**4 jan [Aviation Week](#)** Airbus går framåt med projekt med vikbar vinge. På en begagnad Cessna Citation VII planerar man att ersätta den ursprungliga vingen med en förlängd, kompositvinge, som mäter cirka 20 m i spännvidd inklusive 2 m rörliga spetssektioner. Att öka sidoförhållandet minskar ving-spetsvirveln och därför motståndet. Men eftersom vingen måste kunna motstå extrem turbulens kräver en ökning av spännvidden generellt en förstärkning av dess struktur, vilket ökar vikten. Vid roten av vingspetsförlängningen utlöses ett semi-aeroelastiskt gångjärn vid kraftig turbulens. Det gångjärnet frigör vingspetsen och lindrar de belastningar som induceras i vingsstrukturen av turbulensen. Behovet av förstärkningar elimineras. Gångjärnet är utformat för att aktiveras av en mekanism, som innehåller ett drivsystem och en koppling. Det elektromekaniska systemet, som utvecklas av Curtiss-Wright, kommer att kunna placera vingspetsen i specifika vinklar för olika flyglägen, såväl som start och landning. Dessutom kommer gångjärnet att användas för att hålla vingspannet kompatibelt med flygplatsens infrastruktur. Demonstrationsvingens bakkant kommer att förses med tre klaffar, var och en med fyra multifunktionella bakkanter, eller flikar, som kan ändra position mycket snabbt. Som en fågelvinge kommer vingen att anpassa sig till flygförhållandena: höjd, hastighet och flygplanets vikt.

## Raytheons hybridmotor



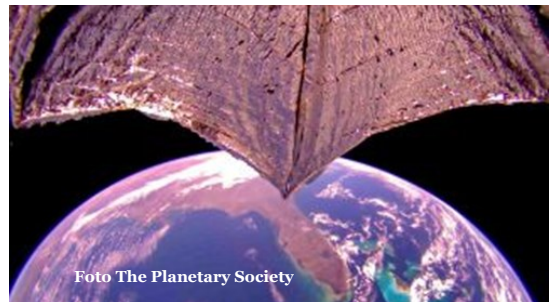
**4 jan Aviation Today** Raytheon Technologies gör första motorkörning av hybridelektrisk demonstrator. Den regionala hybridelektriska flygdemonstratorn utvecklad av Raytheon Technologies kombinerar en 1 MW elmotor från Collins Aerospace med en Pratt & Whitney-motor. Om detta program lyckas kommer Raytheons nya hybridelektriska framdrivningssystem att göra det möjligt för regionala flygplan att flyga mer effektivt, inklusive under start och landning. Det uppnår man genom att kombinera traditionella, bränsleförbrännande motorer med elektriska batterier och motorer. Denna nya metod kan minska utsläpp och bränsleförbrukning med upp till 30% jämfört med redan existerande regionala turboprops och kan leda till ytterligare fördelar som lägre underhållskostnader för operatörer. Denna motorkörning är ett viktigt steg inför flygproven, som avses börja 2024. Systemet demonstrerar den senaste tekniken för att minska koldioxidutsläppen inom luftfart.

## GKN i Ariane 6 motorer



**28 dec GKN Press** GKN Aerospace har tecknat avtal med ArianeGroup om att leverera nästa Ariane 6-turbiner och Vulcain-munstycken. Kontraktet omfattar tillverkning och leverans av enheter för de kommande 14 Ariane 6-bäraketer, som ska produceras från och med nu fram till 2025. GKN Aerospace, vid sin anläggning i Trollhättan, fokuserar för närvarande på att industrialisera och integrera ny, innovativ teknik i sina Ariane 6-produkter. Detta inkluderar munstyckskanalväggen, som kommer att innehålla helt ny teknik i en flygapplikation. Designen har kontinuerligt förbättrats över tid och kommer att utvecklas ytterligare i GKN Aeronautics toppmoderna kompetenscentrum. Detta är viktigt för att förbereda sig för ökad produktion i nästa fas av Ariane-programmet. GKN Aeronautics rymdaffärsenhet i Trollhättan har varit aktiv i Ariane-programmet sedan starten 1974 och har bidragit till det från inledande forskning och utveckling till serieproduktion. Hittills har GKN Aerospace tillverkat över 1 000 brännkammrar och munstycken samt över 250 turbiner till Ariane-raketen. Enligt kontraktet kommer GKN Aerospace att leverera huvud- och övrestegsturbiner och Vulcain-munstycken för de kommande 14 bäraketerna med banbrytande lasersvetsad teknik och additivt tillverkade strukturer för nästa fas av bäraketen.

## Solsegel



**5 jan SPACE** Solseglande sonder kan snart få sin stund i solen. Redan 2015 vecklade den ideella organisationen The Planetary Societies LightSail 1 ut sitt segel i omloppsbana. Den utförde ingen egentlig segling, men dess efterträdare gjorde det: LightSail 2 gick upp 2019, cirklade runt vår planet i nästan 3,5 år och återinträdde slutligen i jordens atmosfär i november förra året. NASA: s Artemis 1-månuppgift placerade också ut tio små cubesats, varav en var en solsegelare, NASA: s Near-Earth Asteroid (NEA) Scout, ett ultratunt segel som, när det är fullt utplacerat via långa bommar, täcker 86 kvadratmeter. Det är ganska litet för ett solsegel, men NEA Scout siktar ändå på att segla till en liten asteroid som heter 2020 GE och studera den på nära håll. Nästa projekt Solar Cruisers segel är hela 1 650 kvadratmeter stort - tillräckligt för att täcka mer än sex tennisbanor. Solar Cruiser har slutfört en preliminär designgranskning, och skall flyga senare under detta decennium. Solar Cruiser, som sponsras av Solar Terrestrial Probes Program i NASA: s Heliophysics Division, kan lägga grunden för framtida seglingsuppdrag som förbättrar rymdväderövervakning och hjälper till att svara på frågor om solen och dess interaktion med jorden och den egna heliosfären.

## Alice i Australien



**9 jan The Guardian (UK)** Elflygplan kan vara framtiden för kortdistans i Australien. I slutet av september lyfte det första elektriska passagerarflygplanet med fasta vingar från Grant County internationella flygplats i den amerikanska delstaten Washington. Det niositsiga charterplanet, känt som Alice, steg till 1000 meter på åtta minuter. Mindre än två månader senare lade Northern Territory Air Services, ett reguljärt flygbolag och charteroperatör, in en order om att föra över 20 av flygplanen till Australien med planer på att flyga passagerare från Darwin till Uluru och Mount Isa. Charterbolaget Sydney Seaplanes planerar också att bli det första helelektriska flygbolaget i landet, och ett annat bolag, Bader Aero, utvecklar ett tvåsitsigt elflygplan för användning i pilotutbildning. I juli tillkännagav det amerikanska företaget Wisk ett samförståndsavtal med Queensland Council of Mayors för att hjälpa till att bana väg för sina fyrsitsiga förarlösa eVTOLs (elektriska vertikala start- och landningsflygplan) att fungera som säkra, hållbara och skalbara flygtaxibilar i Brisbane år 2032, när staden är värd för OS. Det brasilianska företaget EmbraerX planerar också att ta flygtaxi till Australien, den här gången 2026 i Melbourne, i ett partnerskap med Airservices Australia.



## Gripen uppgraderas



**9 jan Aviation Week** Saabs flygdivision gör nya uppgraderingar och påbörjar konceptstudier av nästa generations stridsflygplan. Den 16 december tecknade FMV ett kontrakt på 3,5 miljarder svenska kronor med Saab för en uppgradering av JAS 39C/D-flottan till 2029, med målet att behålla planet i drift till mitten av 2030-talet. Affären inkluderar alternativ för uppföljningsor- der, vilket skapar en väg för kontinuerliga kapacitetsuppgraderingar som skulle kunna möjliggöras genom ett skifte till Gripen E:s operativsystem med öppen arkitektur. Det kommer sex månader efter att FMV tilldelade Saab ytterligare ett kontrakt, som var värt cirka 252 miljoner kronor för att börja arbeta med framtida stridsflygplan. Priset omfattar Saabs deltagande i brittiska Team Tempest samt studier om ett framtida stridsflygplan för Sverige. Studierna kommer att bidra till ett slutgiltigt beslut om Sveriges nästa jaktplan som bör väljas ut 2030. Då räknar det svenska flygvapnet med att operera en blandad flotta på 120 jaktplan bestående av JAS 39C/D och JAS 39E. JAS 39C/D uppgraderades 2016 för att avfira MBDA Meteor-missiler och Boeing GBU-39 Small-Diameter Bombs. Det uppgraderade operativsystemet Mission System 20 lade också till ett autonomt system för undvikande av markkollisioner. Det senaste uppgraderingspaketet kan fokusera på att skapa en gemensam datorbaslinje mellan Gripen C/D och Gripen E-programmen.

## Automatisk Airbus



**12 jan Aviation International News** Airbus provar autonoma flygsystem för att förbättra driftsäkerheten och effektiviteten. Med hjälp av ett A350-1000 widebody-flygplan kommer Airbus forsknings- och utvecklingsavdelning att genomföra provflygningar huvudsakligen inriktade på automatisk flygomledning och landning i händelse av en nödsituation och hjälp för piloter att navigera i mycket komplexa taxibanor på de mest trafikerade flygplatserna. Arbetet fortsätter att mogna de algoritmer för datorseende som behövs för att stödja landnings- och taxiassistans. A350:n har utrustats med tre externa kameror strax under vindrutan på flygdäcket. På världens mest överbelastade navflygplatser står piloter inför en av de mest utmanande faserna av flygning när det gäller att navigera i komplexa taxibanenätverk för att komma från landningsbanan till gaten utan att störa det ständiga flödet av landningar och starter. Systemet som testas av Airbus UpNext visar piloter en tydlig väg längs taxibanor med godkännande av flygledare, inklusive tillåtna hastigheter. En del av det fortsatta arbetet som planeras för 2023 kommer att fokusera på att bygga en databas över inflygningar på landningsbanor. När medicinska nödsituationer uppstår kan tekniken automatiskt välja den lämpligaste flygplatsen och flygvägen för en omladning och hantera faktorer som terräng och väder. Systemet kan fungera helt autonomt eller som ett beslutsverktyg för besättningen.

*Airbus levererade 661 flygplan till 84 kunder förra året och fick 820 beställningar. Boeing levererade 480 flygplan under samma period och fick 774 beställningar. ( [Actualidad Aeroespacial](#) )*

## Sverige satsar på el



Bild Heart Aerospace

**16 jan Aviation Week** Sverige satsar 15 miljoner kronor per år på elflyg. Trafikverket får i uppdrag att göra riktade satsningar för att utveckla och prova teknik för att elektrifiera flyget. Myndigheten ska också utreda hur elflygplan kan användas för statligt stödda inrikesflyg. Sverige har redan förbundit sig att göra allt inrikesflyg fossilfritt till 2030. Det svenska flygbolaget Braathens Regional Airlines genomförde den första flygningen med ett kommersiellt flygplan som drivs av 100% hållbart flygbränsle i juni 2022 med en ATR 72. Svenska Heart Aerospace utvecklar ett 30-sitsigt regionalt flygplan, ES-30, utformat för att flyga 200 km på batterier och upp till 400 km med ett hybrid-elektriskt reservsystem. Flygplanet är planerat att flyga 2026 och tas i bruk 2028. Hearts grundare och vd Anders Forslund har sagt att statliga åtgärder, inklusive incitament, kommer att behövas för att möjliggöra övergången till elektrifierad luftfart. Norge har redan åtagit sig att påbörja inrikesflyg senast 2030 och att elektrifiera alla flygningar under 1,5 timmar till 2040.

## Flödeskontroll



Bild DARPA

**17 jan Aviation Week** Ett X-plan ska äntligen ta tekniken från forskning till utveckling. I början av 2000-talet visades att Adaptive Flow Control (AFC) kunde användas för att ta itu med specifika aerodynamiska problem på ett befintligt flygplan. Det nuvarande Control of Revolutionary Aircraft with Novel Effectors (CRANE) syftar till att designa och flyga ett X-plan som innehåller AFC. AFC påverkar gränsskiktet för att fördröja flödesseparation och generera krafter och moment som normalt tillhandahålls av mekaniska styrtor. Systemet kan minska vikten samt förbättra effektiviteten och smygegenskaperna. Målet med CRANE är att designa ett flygplan från grunden kring aktiv flödeskontroll och att bygga och testa det i relevant skala. Aurora och Lockheed har valts ut för fas 1 av CRANE och fokuserar på ett coplanar-joined-wing-koncept med en aktersvept framåtvinge och en framåtsvept aktervinge som är sammanfogade vid spetsarna.



## Världens största flygplan



**17 jan Daily Mail (UK)** Stratolaunch Roc-flygplanet satte nytt rekord med sex timmar i luften. Världens största flygplan med ett vingspann på 115 m lyfte över Mojaveöknens i Kalifornien för en sex timmars provflygning och bar på Talon-A (TA-O), en 8 m lång återanvändbar provfarkost som kan bära nyttolaster med hypersonisk hastighet - mer än fem gånger ljudets. Flygningen var ett viktigt steg mot separationsprov och den första hypersoniska flygningen av TA-1 under första halvåret 2023. Talon-A är en i en serie raketdrivna farkoster som utvecklas av Stratolaunch och som kan nå hastigheter upp till Mach 6. Stratolaunchs Roc väger cirka 225 ton utan last, men kan lyfta med en maximal vikt på 585 ton. Planet har 28 hjul och drivs av sex 747 flygplansmotorer. Avsikten från början var att skjuta upp satellitlastade raketer i rymden från luften, men de nya ägarna planerar initialt att använda den som ett bärflygplan för lanseringar av återanvändbara hypersoniska flygforskningsfarkoster. Flygplanet har dubbla flygkroppar som en katamaran med två parallella skrov.

## Miljövänligt X-plan



**19 jan Aviation Week** NASA har valt Boeing som partner för att utveckla Sustainable Flight Demonstrator. Det är ett fullskaligt experimentflygplan för att flygprova den luftmotståndsröducerande Transonic Truss-Braced Wing (TTBW)-designen för potentiell användning på framtida engångsflygplan. TTBW är en lång, smal vinge med stöttor, som också genererar lyft. Ökad spännvidd minskar lyftinducerat luftmotstånd och TTBW har cirka 50 % längre spännvidd än den fribärande vingen på ett likvärdigt konventionellt engångsflygplan. I kombination med avancerad framdrivning, kompositstrukturer och annan teknik, och jämfört med dagens bästa enkelgångar, förväntas TTBW minska bränsleförbrukningen och utsläppen med minst 30 % för ett flygplan som tas i bruk på 2030-talet. Det är den största satsningen under NASA:s Sustainable Flight National Partnership. Andra delar omfattar separata program fokuserade på hybridturbofläktmotorer, hållbara bränslen, elektrifierade drivlinor, högklassig komposittillverkning och banoptimerad drift.

## ZeroAvia vätgasmotor



**23 jan Actualidad Aeroespacial** ZeroAvia flyger världens största flygplan som drivs av en vätgaselektrisk motor. Det är ett tvåmotorigt Dornier 228-flygplan med 19 platser, utrustat med en prototyp av vätgaselektrisk drivlina i full storlek på flygplanets vänstra vinge. Det är en del av HyFlyer II-projektet, som stöds av det brittiska ATI-programmet att utveckla ett 600 kW framdrivningssystem för 9 - 19-sitsiga flygplan. Det tvåmotoriga flygplanet modifierades för att införliva ZeroAvias väteelektriska motor på vänster vinge tillsammans med en enda Honeywell TPE-331-motor till höger. Den vätgaselektriska drivlinan bestod av två bränslecellsstackar med litiumjonbatteripaket, som ger maximalt effekttöd under start. Vätetankar och bränsleceller var inrymda i kabinen. I en kommersiell installation skulle extern lagring användas. Detta är den största ZeroAvia-motorn som provats hittills och sätter företaget på direkt väg till en certifierbar konfiguration som ska slutföras 2023. Detta program kommer också att vara nyckeln till snabb teknisk utveckling för större flygplan. ZeroAvias 2-5 MW drivlineprogram, som redan pågår, kommer att utökas till ren motorteknik för flygplan upp till 90 platser, med ytterligare expansion till smalkroppsflygplan under det kommande decenniet.

## Väte med låg NOx



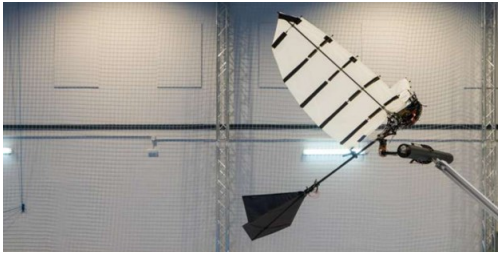
**17 jan Aviation Week** Ultralågt NOx-brännare fungerar för vätebrännande turbofläktar. Att förbränna väte i turbofläktar skulle eliminera CO<sub>2</sub>-utsläpp men skulle kunna öka produktionen av kväveoxider (NOx). Ökade NOx-utsläpp skulle ha en negativ effekt på klimatet och den lokala luftkvaliteten. Nu tar Europas Clean Hydrogen Partnership-program in anbud för att utveckla ett förbränningssystem med ultralågt NOx för flyg. Förbränning av väte genererar mer NOx än vid förbränning av flygbränsle på grund av högre flamt temperaturer och den högre reaktiviteten hos vätgas vid förbränning i luft. NOx bidrar till klimatförändringen genom bildning av ozon och förstörelse av metan, med en dominerande uppvärmningseffekt. I Fas 1 av Clean Aviation ska en befintlig turbofläkt anpassas för att fungera på vätgas och provas på marken för att visa full systemgenomförbarhet, från tanken för flytande väte, genom bränsle- och kontrollsystemet till den anpassade brännkammaren. Det slutliga målet är att stödja Airbus ZEROe-projektet för att utveckla ett vätgasdrivet flygplan som ska tas i bruk senast 2035. Ett nyckelkrav för vätgasförbränningssystemet är att möjliggöra NOx-utsläpp som är minst lika låga som hos nuvarande turbofläktar, som ligger cirka 50 % under gällande bestämmelser, med potential att minska utsläppen med ytterligare minst 30 %.

## Cyberkrig i Europa



**25 jan Aviation Week** Europas industri undersöker cyberteknikens roll som ett potentiellt sätt att besegra allt mer avancerade luftförsvar. Under de kommande åren är både Dassault Rafale och Eurofighter Typhoon planerade att få uppgraderingar så att de kan jaga radarsändare. Samtidigt arbetar branschen med lösningar för elektronisk attack och störning samt föreställer sig koncept för svärmar av fjärrstyrda flygplan för att förfalska och förvirra radar med tidig varning. Den elektroniska krigföringsspecialisten italienska Elettronica har undersökt om cybernyttolaster skulle kunna levereras genom det elektromagnetiska spektrumet till ett luftförsvarssystem på ett mer reaktivt sätt. En metod för leverans av cybernyttolast kan vara att skicka den via mikrovågsdataloger som kopplar samman luftvärnsplatser med kommando- och kontrollsystemet. Sådana länkar gör att kommando- och kontrollplatser kan separeras geografiskt från bärraketer och sensorer. När den väl är installerad i systemet kan en sådan nyttolast utlösas av en signal som skickas från en elektronisk attackplattform. Sådana cyberkapaciteter skulle kunna ingå i nästa generations stridsflyg.

## Flaxande robot landar



**27 jan Aerospace Technology** École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) har gjort en flaxande vingrobot, ornikopter, som kan landa på en pinne. Med hjälp av en 700 g ornikopter utvecklad inom det europeiska projektet GRIFFIN, som syftar till att utveckla robotfåglar, som drivs av artificiell intelligens, provade man en klockande mekanism. För att utveckla förmågan att landa var forskarna tvungna att se till att ornikoptern kunde sakta ner tillräckligt mycket medan den fortfarande flög. Vidare behövde klon kunna greppa pinnen samtidigt som roboten uppfattade miljön runt omkring och pinnen framför den i förhållande till sin egen position, hastighet och bana. För att åstadkomma detta utrustades ornikoptern med en inbyggd dator och navigationssystem och ett externt motion-capture-system för att bestämma sin position. Dessutom kalibrerades ornikopterns klo för att ta hänsyn till flygningens upp-och-ner-svängningar och utformades för att ta upp dess framåtriktade momentum vid kollisionen. Prov med de kloutrusade drönarna har framgångsrikt genomförts i inomhusmiljöer, men EPFL-teamet tänker sig att testa den kloförsedda ornikoptern också utomhus. Om man gör det möjligt för en robotflaxande vingfågel att framgångsrikt landa själv kan det leda till andra mer sofistikerade uppgifter som att samla in biologiska prover och data från träd.

## Atomdrift till Mars



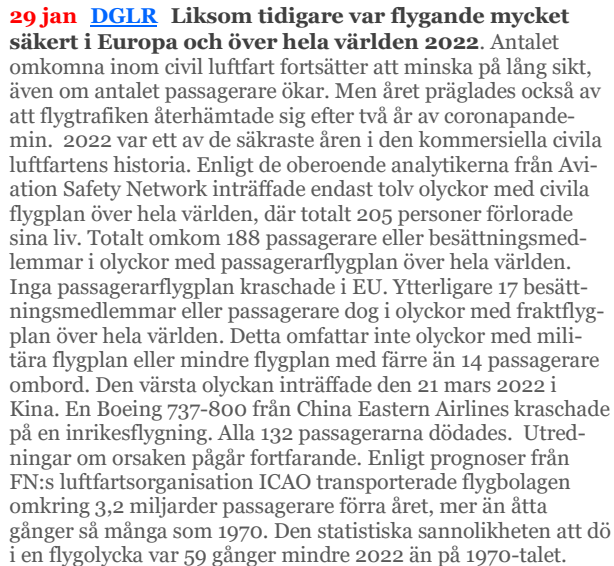
**25 jan Actualidad Aeroespacial** NASA och DARPA provar atomraket för framtida Mars-uppdrag. NASA och Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) provar en nukleär termisk raketmotor i rymden, en förmåga som kommer att förbättra NASA:s bemannade uppdrag till Mars. Användningen av en atomraket möjliggör en snabbare resa, vilket minskar risken för astronauterna. Att minska restiden är en nyckel till mänskliga uppdrag till Mars, eftersom längre resor kräver mer förnödenheter och mer robusta system. Snabbare och effektivare transportteknik kommer att hjälpa NASA att nå både månen och Mars. En kärnvärmeraketmotor använder en fissionsreaktor för att generera extremt höga temperaturer. Motorn överför värmen som produceras av reaktorn till ett flytande drivmedel, som expanderar genom ett munstycke för att driva rymdfarkosten. Nukleära termiska raketer kan vara tre eller flera gånger effektivare än konventionell kemisk framdrivning. NASA och DARPA kommer att samarbeta om att montera motorn före demonstration i rymden med start 2027.

## Roterande detonationsmotor



**27 jan Actualidad Aeroespacial** NASA har provat den första storskaliga roterande detonationsraketmotorn för djupa rymduppdrag. En detonationsraketmotor (RDRE) skiljer sig från en traditionell raketmotor eftersom den genererar dragkraft genom ett supersoniskt förbränningsfenomen som kallas detonation. Den ger mer energi och använder mindre bränsle än nuvarande framdrivningssystem och har potential att driva både bemannade landare och interplanetära farkoster till destinationer som månen och Mars. Ingenjörer vid NASA:s Marshall Space Flight Center i Huntsville, Alabama, visade att en RDRE, tillverkad med ny additiv tillverkning eller 3D-utskriftsdesign och processer, kunde fungera under längre perioder samtidigt som den tålde de extrema värme- och tryckmiljöerna vid detonationer. Under drift producerade RDRE mer än 20 kN dragkraft i nästan en minut vid ett genomsnittligt kammartryck på 43 bar, det högsta tryck som registrerats för denna design. RDRE innehåller den NASA-utvecklade GRCop-42 kopparlegeringen med pulverbäddsmältande additiv tillverkningsprocess, vilket gör att motorn kan köras under extrema förhållanden utan överhettning. NASA vill nu utveckla en helt återanvändbar RDRE på 50 kN för att identifiera prestandafördelar jämfört med traditionella flytande raketmotorer.





## Airbus i EU:s försvarsfond



**2 feb Actualidad Aeroespacial Airbus lanserar två FoU-projekt inom europeiska försvarsfonden.** Fonden EDF främjar samarbete mellan europeiska företag och forskningsinstitut, vilket stärker Europas motståndskraft och strategiska oberoende. Anslaget är 8 miljarder euro 2021-2027. Bland de 61 samarbetsprojekt inom forskning, teknik och utveckling inom försvaret, som valts ut och finansierats, samordnar Airbus Defence and Space projektet European Defense Operational Collaborative Cloud (EDOCC) för att skapa en virtuell plattform för att öka interoperabiliteten, effektiviteten och motståndskraften i militära operationer. Airbus Helicopters samordnar samtidigt EU:s projekt Next Generation Rotorcraft Technologies (ENGRT) för att analysera och förstå de europeiska väpnade styrkornas behov av helikopteroperationer efter 2030. Detta projekt kommer att bana väg för nästa generations militära helikoptrar i Europa. Airbus är också partner i sex andra multinationella EDF-projekt inom bl a standardisering av luftstridsutrustning, cyberhot, avancerad radar teknik och avancerade radiofrekvenskomponenter.

# Boeings flygande vinge



**25 jan Aviation Week** Boeing presenterar nytt militärt blandat vingkroppskoncept. För att positionera sin länge undersökta blandade vingkropp (BWB) för en framtida militär transportroll har Boeing presenterat en ny konfiguration som en C-130-ersättning eller en strategisk transport i C-17-storlek. Konceptet är en del av ett bredare försök att minska bränsleförbrukningen. En BWB skulle öka aerodynamisk effektivitet med minst 30% jämfört med nuvarande tank- och transportflygplan. Till skillnad från det tidigare militära BWB-konceptet med poddade motorer monterade externt på den övre flygkroppen, innehåller den nya designen inbäddade motorer med stora inlopp monterade på vardera sidan av den främre nedre flygkroppen. Bakkant, stjärtfenor och integrerade motorutlopp är utformade för att minska infraröd signatur. Boeing överväger att använda turbofläktar med medelhögt eller till och med högt bypassförhållande för ytterligare minskad IR-signatur och fenorna är placerade för att delvis skydda utloppsmunstyckena. Vingbredden för konceptet är cirka 40 m, vilket gör det möjligt att manövrera och parkera på ramper avsedda för C-130.

## Nya rymdteknologier



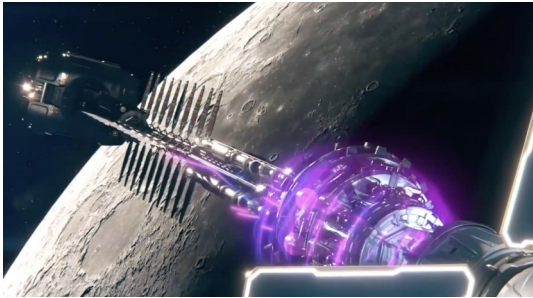
### 1 feb Actualidad Aerospace NASA har valt ut nio rymdteknologier för utprovning.

De fokuserar på infrastruktur och stödkapacitet för en robust månekonomi, tjänster och infrastruktur som sträcker sig från låg omloppsbana runt jorden till geosynkron jordbana och system för att övervaka och hantera klimatförändringar. De nio är:

- Överföringen av flytande drivmedel från en försörjningstank till en mottagartank i mikrogravitation för tankning av satelliter och rymdfarkoster på långvariga uppdrag.
- Bränslecellsenergilagringssystem som en potentiell kraftkälla för framtida rymdfarkoster eller operationer på månytan.
- Bild- och partikeldetektorsystem för att förbättra autonom bedömning av skogsbränder.
- Mätning av variationen hos elektroner som finns mellan en mottagare i en suborbital flygfarkost och kretsande GPS-satelliter.
- Utvärdering i mikrogravitation av en enhet för att fänga och separera vätske Kondens från kabinluft i rymdfarkoster.
- Analys av värmeöverföring i kryogen drivmedelslagring.
- Navigationsteknik för autonom omloppsbestämning i små rymdfarkoster.
- System som förbättrar rymdfarkosters precisionslandningsförmåga genom adaptiv navigering.
- Förfinade mekanismer för att rehydrera röda blodkroppar i en rymdmiljö för att kunna ge blodtransfusioner till astronauter på långvariga rymduppdrag.

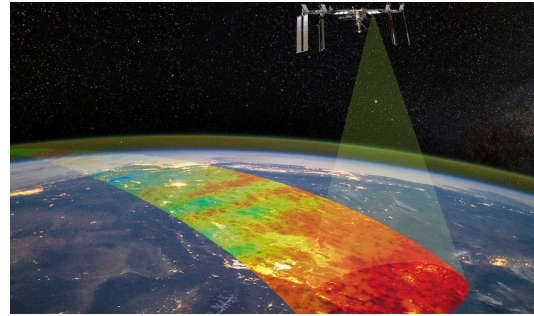


## Rolls kärnkraftsmotor



**6 feb Gizmodo** Rolls-Royce kärnkraftsmotor kan driva snabba resor till månen och Mars. Det brittiska flygteknikföretaget säger att det utvecklar en mikrokärnkraftsmotor som företaget hoppas kan användas för långa resor till månen och Mars. Reaktorn kommer att förlita sig på uran, ett vanligt bränsle som används vid kärnklyvning. Kärnklyvning innebär att man bombarderar en atom med en neutron. Den atomen splittas sedan och frigör energi, och den energin kan användas för att driva en raket. Eftersom kärnkraftsmotorn inte behöver bära lika mycket bränsle som en kemisk framdrivningsraket kommer hela systemet att vara lättare vilket möjliggör snabbare resor eller ökad nyttolast. Företaget säger att reaktorn kan fungera som både en ny form av framdrivning och en kraftkälla för baser på månen eller Mars, och Rolls-Royce hävdar att de kommer att ha en kärnkraftsmotor redo att skickas till månen år 2029.

## Vädervågor i atmosfären



**9 feb Actualidad Aeroespacial** NASA: s Atmospheric Wave Experiment (AWE) har framgångsrikt slutfört sina kritiska prov i rymdmiljö. AWE planeras för uppskjutning till den internationella rymdstationen (ISS). AWE-uppdraget fokuserar på att förstå vågor i jordens atmosfär på höjder mellan 50 och 500 kilometer, kallat jonosfären-termosfären-mesosfärsystemet. Rymdväder i denna region, i synnerhet jonosfären, kan avsevärt störa rymdbaserade kommunikationssystem på grund av den höga koncentrationen av elektriskt laddade partiklar där. Genom att studera atmosfäriska gravitationsvågor kommer forskare att förstå mer om hur jordens klimat påverkar egenskaperna hos den övre atmosfären och kommunikationen med satelliter.

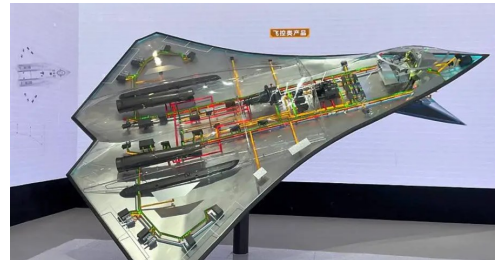
*Den globala flygtrafiken ökade 2022 med 64,4 % jämfört med 2021. ( [Actualidad Aeroespacial](#) )*

## Soldriven Skydweller



**9 feb Aviation Week** Soldrivna Skydweller genomförde sina första autonoma flygningar. Skydweller Aero har genomfört de första helt autonoma flygningarna av sina soldrivna, tungt lastade, långvariga obemannade flygplan efter att ha utrustat den tidigare Solar Impulse 2 med ett internt utvecklat flygkontrollsystem. Det amerikansk-spanska företaget Skydweller förvärvade Solar Impulse 2 2019 efter att flygplanet hade avslutat den piloterade världsomseglingen på solenergi. I flygprov från flygbasen Albacete i Spanien visade flygplanet fjärrstyrd, tredimensionell styrning från marken. Skydweller har kontrakt med US Navy, Southern Command och Africa Command för att flyga flygplanet från USA över Karibien under en Joint Concept Technology Demonstration (JCTD). Flygplanet är också planerat att flygas på säkerhetsuppdrag över de holländska öarna Aruba, Bonaire och Curaçao samt de franska öarna Guadeloupe och Martinique. Företaget har samförståndsavtal med de franska och luxemburgska regeringarna. Skydweller kommer att göra några förändringar för att förbättra prestandan för produktionsflygplanet, som man planerar att ha i drift till 2024. Dessa inkluderar materialförändringar för att minska vikten och nya solceller för att öka kraften och uthålligheten. Prestandan hos solenergifygplan beror på latitud och tid på året. Skydwellers mål är att kunna operera 365 dagar om året från Miami i norr till Rio de Janeiro i söder.

## Kinas nya smygande fighter



**7 feb Janes** Kina visar koncept för stjärtlöst framtida stridsflygplan. Vid Airshow China i november 2022, visades en konceptmodell av nästa generations stridsflygplan. Flygplanet verkade likna Chengdu Aircraft Corporation (CAC) J-20 femte generationens stridsflygplan men utan stjärt. En stjärtlös design kommer att ge nästa generations, eller 6:e generationens, stridsflygplan överlägsen smygförmåga i alla riktningar och en blandad vingkroppsdesign ger högre lyft, längre räckvidd och lägre bränsleförbrukning. De stora ändringarna mot J-20 är mycket jämnare övergångar i tvärsnittsyta, "Whitcomb rule", där man tagit bort canarder och har strakes ovan de integrerade insugen. Man har behållit den feta kroppen för interna vapen och bränsle, vilket kan ge problem med överljudsluftmotståndet, och man har inte kompenserat de borttagna canardvingarna samt de lutande stjärtfenorna med större höjdroder för att få tillräckligt tippmoment i främst överljudsfart. Utan vertikala stjärter kommer det nya flygplanet att förlora på manövrerbarhet om det inte använder andra konstruktioner eller tekniker för att kompensera, som tryckvektorkontrollkompatibla motorer och delade bromsroder eller andra innovativa tillvägagångssätt, enligt analytiker. Det är en fördel om man har fenor utanför motorutloppen som kan skymma delar av den heta metallen, dock är motorerna någorlunda separerade och vi ser inte om det finns skydd mellan dem så att om en träffas av en missil att den då inte skadar den andra motorn.

## Laserburna drönare



**10 feb Aerospace Technology** Högenergilaserstrålar för att hålla drönare uppe utarbetas av forskare från **Northwestern Polytechnical University (NPU)** i Kina. Den automatiserade processen för att spåra drönare under flygning testades på dessa så kallade optikdrivna drönare (ODD). Höjdpunkterna i forskningen är ett 24-timmars intelligent synspårningssystem och den autonoma långdistansenergisladdningen. För att spåra ODD:erna under flygning utvecklades en spårningsalgoritm som enligt uppgift fungerade under en mängd olika miljöer och ljus- och väderförhållanden. Vidare använde teamet en adaptiv strålformningsteknik som gjorde det möjligt för strålen att autonomt justera intensiteten för att öka trådlös avståndsöverföring. Teamet utvecklade också en skyddsalgoritm som automatiskt justerar laserstrålens intensitet om ett hinder upptäcks i en stråles väg. Även om det kan vara oöverkomligt att driva en högenergilaserstråle oavbrutet för att hålla en drönare uppe permanent, siktar man på applikationer som katastrofhjälp, sök- och räddningsuppdrag, militära operationer, trafikkontroll och säkerhetspatruller.

## Joby godkänns av FAA



**10 feb Aviation Week** Joby Aviation har slutfört sin **G-2 Means of Compliance (MOC)** godkännande med FAA. Man har därmed blivit det första elektriska vertikala start- och landningsfordonsföretaget (eVTOL) i USA att slutföra den andra fasen av femstegs certifieringsprocessen för flygplan. I G-2-steget i certifieringsprocessen kommer företagen överens med FAA om specifika sätt på vilka de kommer att visa överensstämmelse med den lagstadgade avsikten med de säkerhetsregler som definierades i G-1 Certification Basis, som är det första steget i processen. Joby var också den första tillverkaren, som slutförde G-1-steget, när dess certifieringsgrund publicerades i Federal Register i november. Bortsett från Joby är Archer Aviation det enda andra USA-baserade företaget som har slutfört sin G-1-certifiering med FAA, och det förväntar sig också att få sin G-2 MOC helt godkänd någon gång under andra kvartalet 2023. Joby har redan gjort "betydande framsteg" mot det tredje steget i certifieringsprocessen under vilka företag måste utveckla ett brett utbud av detaljerade certifieringsplaner som föreskriver prov, som måste utföras för olika system. Joby har också gjort framsteg i det fjärde steget av certifiering - provning och analys - under vilket system och utrustning genomgår tusentals inspektioner, tester och analyser i enlighet med de certifieringsplaner som utarbetats i det tredje steget. Det femte och sista steget i certifieringsprocessen är "Show & Verify", under vilken företag måste lämna in resultaten av sina prov och inspektioner till FAA för verifiering.

## Heart med New Zealand



**10 feb Actualidad Aeroespacial** Sveriges Heart Aerospace är vald som partner för Air New Zealands **Mission Next Gen-flygplan**. Air New Zealands Mission Next Gen-flygplan skapades för att påskynda utvecklingen av utsläppsfri flygplansteknik, liksom den infrastruktur som behövs för att göra dem till verklighet för kommersiell luftfart i Nya Zeeland. Som en långsiktig partner kommer Heart Aerospace under de kommande åren att arbeta tillsammans med Air New Zealand för att göra dessa flygplan till verklighet. Heart Aerospace utvecklar ES-30, ett regionalt elflygplan med en standardkapacitet på 30 passagerare som drivs av batteri-drivna elmotorer. ES-30 kommer att ha en helelektrisk nollutsläppsräckvidd på 200 kilometer, en utökad räckvidd på 400 kilometer med 30 passagerare och flexibilitet att flyga upp till 800 kilometer med 25 passagerare, alla inklusive typiska flygbokningar. Heart Aerospace räknar med att leverera sitt första ES-30-flygplan 2028.

## Forskning om väte

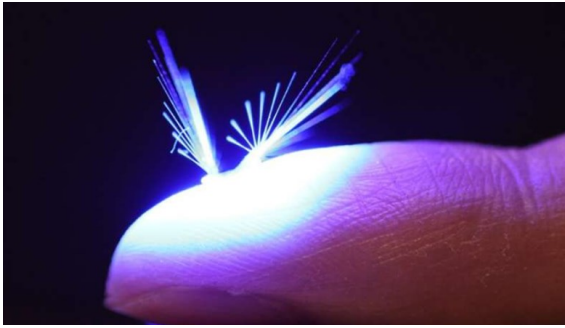


**14 feb Aviation Week** Europas Clean Aviation strävar efter att utöka forskningen om väteflygplan.

Clean Aviation gav mer än 700 miljoner euro i finansiering för 20 projekt efter den första ansökningsomgången. Arbetet med dessa projekt inleddes i januari och inkluderar utveckling av teknik för direkt förbränning av väte i turbinmotorer, multimegawatt bränslecellsystem och lätta tankar för flytande väte (LH2). Bland projekten ingår Cavendish för 24 miljoner euro, ledd av Rolls-Royce Deutschland, för att modifiera en Pearl 15 turboprop med mager förbränning av väte och integrera den med en bränslecell för ett fullskaligt markprov 2024. Hydea, ledd av Avia Aero, kommer att modifiera GE Aeroespaces Passport 20 turboprop till väteförbränning för markprov 2026 och flygprov på Airbus A380. Newborn är ett projekt på 83 miljoner euro som leds av Honeywell för att markprova ett 1-megawatts vätgasbränslecellsframdrivningssystem för regionalflygplan till 2026. Sveriges PowerCell kommer att utveckla en 300 kW bränslecellstack med förbättrad effektivitet, temperatur och vikt under projektet. H2elios, ett projekt på 25 miljoner euro som leds av spanska Aciturri, kommer att utveckla en lätt LH2-tank som kan integreras i flygplanets struktur. Två projekt ledda av slovenska Pipistrel, är inriktade på mindre flygplan och obemannade flygfordon. FIHYing Tank är ett projekt på 7,5 miljoner euro för att flygprova en 1 000-liters LH2-tank 2025. Hypotrade (Hydrogen Fuel Cell Electric Power Train Demonstration) är ett projekt på 10 miljoner euro för att markprova ett fullskaligt 500 kW integrerat framdrivningssystem 2025.



## Flygande älva



**14 feb [Advanced Science](#)** En älvliknande robot som flyger med hjälp av både vind och ljus har utvecklats av forskare från **Tammerfors universitet i Finland**.

Den är utrustad med ett mjukt ställdon tillverkat av ljusresponsiv flytande kristallin elastomer, som inducerar öppnings- eller stängningsåtgärder av vingarna vid excitation med synligt ljus. Roboten, som är lätt, kan flyta i luften med vinden över långa avstånd. Vidare kan den drivas och styras av en ljuskälla som en laserstråle eller en lysdiod (LED). Ljus kan ändra formen på den lilla robotens struktur, vilket gör det möjligt att anpassa den manuellt till vindriktning och kraft genom att ändra dess form. Dessutom kan en ljusstråle också användas för att styra polymerenhetens start- och landningsfunktioner. Roboten kan användas för applikationer som artificiell pollinering.

## Indien är framtiden



**24 feb [Aviation Week](#) ; [FlightGlobal](#)** Indien syftar till att bygga en kommersiell rymdindustri och att gå om Kina som den viktigaste flygmarknaden. Indian Space Research Organization är en av en handfull nationella rymdorganisationer som har skickat rymdfarkoster till Mars. Det har skapat raketer som konkurrerar globalt om kommersiella satellituppskjutningar, om att studera månen och skapa ett mänskligt rymdprogram. Tillväxten i landets militära aktiviteter och kommersiella rymdsektor tog verkligen fart 2019, efter att Indien testade sitt första antisatellitsystem. Nu vill Indien dra nytta av dessa framgångar genom ett kommersiellt rymdekosystem som kan generera teknik för Indiens militär såväl som dess civila rymdsamhälle. Man förväntar sig företag som motsvarar Blue Origin och SpaceX i USA under de kommande åtta åren. Och under de kommande 5-7 åren hoppas industrin kunna skjuta upp satelliter för kommunikation såväl som underrättelse-, övervaknings- och spaningsbilder på mindre än 0,5 m i upplösning med snabba återbesöksstider, återanvändbara raketer och uppskjutning på begäran. Indien har också gått om Kina som den globala flygindustrins tillväxtgenerator med en större orderbok och en mer välkommande ekonomisk och geopolitisk syn. Air Indias senaste åtagande att köpa 470 Airbus- och Boeing-jetplan kommer att bli en av årets största flyghändelser. Bortsett från tillväxten av Indiens flygbolag har Indien betydande potential att vara mer involverad i den globala flygförsörjningskedjan. Modi-regeringen, som ser miljarderna gå till Airbus och Boeing, kommer sannolikt att kräva mer deltagande för indisk industri.

## Militärt laserinternet



**15 feb [The Economist](#)** Amerika hoppas kunna skapa ett nytt underrättelsenätverk i rymden. Den rymdbaserade adaptiva kommunikationsnoden ("Space-bacn", eller "Space Bacon") kommer, om den lyckas att skapa ett laseraktiverat militärt internet i omloppsbana runt jorden genom att piggybacka på ett antal satelliter. Planen är att utrusta så många nyuppskjutna satelliter som möjligt med lasersändare/mottagare som kommer att kunna kommunicera med motsvarigheter så långt bort som 5 000 km. Satellitägare kommer att betala för lasrarna, men kommer sedan att få ersättning från den amerikanska regeringen för deras användning. Sändningar med laserstråle är svåra att fånga upp och nästan omöjliga att störa. Lasrar erbjuder också mycket högre datahastigheter än radiovågor. Den militära forskningsorganisationen DARPA har bett Space Bacons entreprenörer att utveckla utrustning som kan sända, i en enda stråle, 100 gigabit per sekund. Det räcker för att flera högupplösta filmer ska skickas under den tiden. Mynaric, ett företag baserat nära München som designar huvuden för Space Bacon, kan justera en lasers bana med bara 57,2 miljondelar av en grad. På ett avstånd av 1 000 km översätts detta till en strålförskjutning på mindre än en meter.

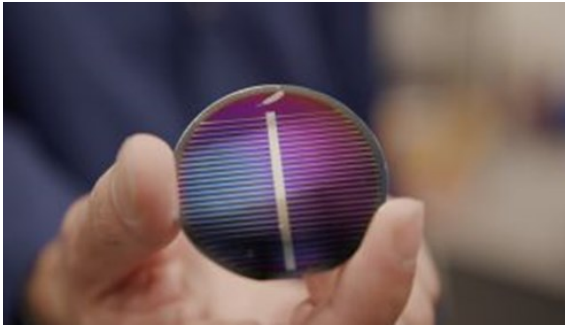
## Gödselbränsle



**22 feb [Aviation Week](#)** Stallgödsel skulle kunna omvandlas till hållbart flygbränsle (SAF) via hydrotermisk kondensering. Europa producerar cirka 1,4 miljarder ton gödsel årligen. Det EU-finansierade Circulair-projektet syftar till att utveckla teknik för att producera hållbara bränslen från jordbruksrester inklusive gödsel och halm. Det fyraåriga projektet på 5 miljoner euro kommer att utveckla en biomassaomvandling som använder hydrotermisk kondensering (HTL) för att producera en olja under måttlig temperatur och högt tryck. Gödsel och halm har valts på grund av deras överflöd. Projektet involverar 10 partners i sex länder. Danmarks Aarhus Universitet och Circlia Nordic kommer att utveckla HTL-konvertering i pilotskala. Universitetet och processutvecklaren Topsoe kommer att förädla intermediär bioråolja från HTL till bränslen, med en hög andel flygbränsle i slutprodukten. Sveriges RISE ska utreda en alternativ uppgraderingsprocess. Det italienska oljebolaget Eni kommer att analysera det jetbränsle som produceras. Integrering av HTL-processen med generering av grönt väte kommer att möjliggöra nästan fullständig användning av råmaterial, vilket ger metanol som den huvudsakliga biprodukten.



## Solcell från måndamm



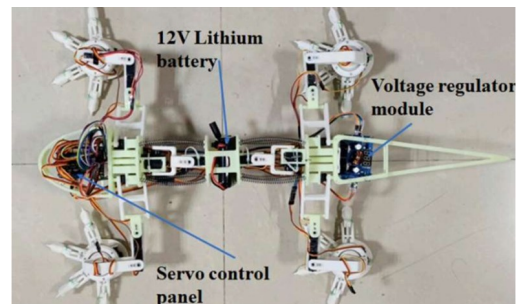
**24 feb SPACE** Blue Origin gör solceller av simulerat måndamm. Blue Origin, Jeff Bezos privata rymdflygföretag, hävdar att det har gjort stora framsteg när det gäller att utveckla ett sätt att göra solpaneler med material från månytan. Genombrottet kan få stora konsekvenser för framtida månboende genom att tillhandahålla ett sätt att producera elgenererande paneler på månen istället för att behöva transportera utrustning från jorden. Processen börjar med att göra regolitsimulaturer kemiskt och mineralogiskt ekvivalenta med månregolit (damm, smuts och grus), innan man smälter och flyttar den smälta regoliten med hjälp av en reaktor, enligt ett Blue Origin-uttalande. Järn, kisel och aluminium extraheras från regoliten genom att leda en elektrisk ström genom det smälta materialet. Rymdorganisationer och privata företag tittar också på sätt att använda sig av månregolit, inklusive att göra tegelstenar för konstruktion och producera syre. Blue Origin vill spela en roll i rymdutforskningen och siktar på att skicka ett par NASA-rymdfarkoster till Mars nästa år.

## Nya galaxer



**26 feb Aftonbladet** Sex nyligen upptäckta galaxer kan förändra universums historieskrivning. Upptäckten var möjlig tack vare rymdteleskopet James Webbs förmåga att granska objekt genom infraröda våglängder som det mänskliga ögat inte kan se. Teleskopet kan se tillbaka omkring 13,5 miljarder år i tiden och därmed studera det som hände inte långt efter universums födelse genom big bang. Galaxerna, som observerats via teleskopet James Webb, uppstod långt tidigare och långt snabbare än forskare tidigare trott var möjligt. De sex massiva galaxerna uppstod relativt snart efter big bang. Uppgifterna i en ny forskningsrapport kan komma att omkullkasta tidigare kunskap om bland annat hur lång tid det tog för stora galaxer att skapas. Galaxerna skapades troligen mellan 500 och 700 miljoner år efter big bang, som beräknas ha inträffat för mellan 13,7 och 13,8 miljarder år sedan. Det är en revolutionerande kunskap om bland annat hur lång tid det tog för stora galaxer att skapas. Galaxerna skapades troligen mellan 500 och 700 miljoner år efter big bang, som beräknas ha inträffat för mellan 13,7 och 13,8 miljarder år sedan. Det är en revolutionerande kunskap om bland annat hur lång tid det tog för stora galaxer att skapas. Galaxerna skapades troligen mellan 500 och 700 miljoner år efter big bang, som beräknas ha inträffat för mellan 13,7 och 13,8 miljarder år sedan. Det är en revolutionerande kunskap om bland annat hur lång tid det tog för stora galaxer att skapas.

## Robotödlor för Mars



**25 feb Aerospace Technology** Forskare vid Kinas Nanjing University of Aeronautics and Astronautics har utvecklat en ödleinspirerad robot som en dag kan användas för att utforska Mars yta. För att efterlikna hur ödlor "kryper" skapade forskarna en robot med en flexibel ryggradslignande struktur och fyra ben, som var och en har två gångjärn och ett redskap som framkallar en svängande rörelse. Vidare består var och en av robotens höftleder som förbinder benen med ryggradsstrukturen av två servon och en fyrledningsmekanism som gör att roboten kan lyfta utan att tappa balansen. Dessutom har robotens fötter fyra flexibla tår som består av två gångjärn och en klo - en design som enligt uppgift gör det möjligt för den att ta sig fram i olika terräng. Teamet skapade också en mängd olika kinematikmodeller för var och en av robotens komponenter för att efterlikna ödlornas rörelser. Dessa modeller och numeriska beräkningar användes sedan för att kartlägga robotens rörelser. En prototyp av roboten, bestående av 3D-tryckta hartsmaterial, en servokontrollpanel, ett litiumbatteri och andra elektroniska komponenter, testades framgångsrikt i en stenig miljö som simulerade Mars yta.

## Månstoft för miljö



**28 feb Astronomy** En grupp amerikanska forskare föreslår att skapa stora moln av måndamm i rymden för att reflektera solljus och kyla jorden. I deras plan skulle vi bryta damm på månen och skjuta ut det mot solen. Dammets skulle stanna mellan solen och jorden i ungefär en vecka, vilket gör solljuset cirka 2 procent mörkare vid jordens yta, varefter det skulle spridas och vi skulle skjuta ut mer damm. Förslaget, som innebär att cirka 10 miljoner ton månstoft skjuts upp i rymden varje år, kan köpa världen viktig tid att tygla koldioxidutsläppen. Föreslagna åtgärder för att kyla jorden genom att minska mängden solljus som når ytan kallas ofta solgeoengineering eller solstrålningshantering. Den mest diskuterade metoden innebär att man injicerar ett tunt lager aerosolpartiklar i jordens övre atmosfär. Andra har föreslagit att avböja solljus med gigantiska filter eller speglar i rymden, eller svärmar av konstgjorda satelliter. Att mixtra med atmosfären på detta sätt kommer dock sannolikt att påverka nederbörds- och torkmönster och kan få andra oavsiktliga konsekvenser som skador på ozonskiktet. Måndamm i rymden bör undvika dessa fallgropar, eftersom det skulle lämna vår atmosfär orörd. Månstoft är rikligt, och att starta dammmoln från månens lägre gravitation skulle kräva betydligt mindre energi än liknande uppskjutningar från jorden.

## 56. Candy i kloakerna



Som arbetslös hängde jag ofta på Svartskäggets predikningar. I början förstod jag inte vad han sade, men hans enda öga borrhade sig rakt in i alla åhörare. Jag kände att mycket överfördes till mig direkt via ögonlinserna på samma sätt som betalningarna bekräftades. Den mänskliga näthinnan kan ju överföra data med en imponerande hastighet av tio miljoner bitar per sekund. Hjärnans syncentrum kan tolka informationen eller skicka den till andra delar av hjärnan. Man såg ofta marsianer som bara stod och teg och tittade varandra i ögonen.

Ändå kändes min hjärna tämligen tom tills jag började förstå vad han sade. Kanske är det så att de nervceller, som används för att förstå en sak, beror på tidigare upplevelser hos varje enskild hjärna. Kanske går det inte att upprätta en enkel förbindelse mellan en hjärna och en annan, så att tankar automatiskt glider över från den ena till den andra. För att tankarna i en hjärna ska förstås av en annan måste de kanske kläs i ord, som båda hjärnorna kan tolka. Vad vet jag.

Han talade i alla fall och det talade ordets kraft var förunderlig ty den samverkade med hans öga och kropp för att förmedla inte bara fakta utan också känslor. Hans enda öga strålade och skiftade färg och hela kroppen visade hans entusiasm, när han en dag triumferande meddelade att våra nya robotar nu var på väg till den första asteroiden. Just den som piraterna en gång inte lyckades plundra, men där han själv svingade sig upp till deras ledare.

Det var som att befinna sig i en värld av sprakande färger, men sedan var det som att hamna i en förtorkad slätt på Jorden när han försökte förklara hur robotarna fungerade. Hans öga blev grått som en sten, kroppen stelnade och alla förstod att han inte visste vad han pratade om. Det var algoritmer baserade på artificiell intelligens, regelbaserade, förprogrammerade rutiner och träningsbaserade, maskinlärande neurala nätverk. Där satt robotarna fast, kunde inte förbättra sig själva, inte lära av fel eller hantera nya situationer. Men, sa han och lyste upp, det skall våra nya robotar klara av.

-Se på den här, era slashasar, ropade han och dinglade med Candyplattan framför oss. Den brydde ni er inte om förra gången jag visade den, men här är hjärnan hos det läragigaste djuret på Jorden. Och då menar jag inte människorna där. Den fick vi tag på och laddade ner i våra robotar. Nu ska de tränas på asteroiderna. Sen skickar vi dem till Saturnus. Där finns det hur mycket helium som helst till våra reaktorer. Nu behöver vi inte plundra jordiska transporter längre. Nu tar vi deras gruvor.

Att Jorden skulle göra något åt det trodde han inte, för de misslyckades med allt och särskilt med robotar. Tack vare att min fru jobbade på institutet visste jag redan det mesta, men det blev skratt och applåder, när han berättade vad som hände där borta. Efter det stora frihetskriget, när jordiska robotar for så illa fram med värnlösa marsianer, gladdes de åt alla jordiska misslyckanden. Särskilt när det gällde robotar.

Robotarna, som Plurimax tänkte skicka till Mars för att tvinga dem köpa opium, började ju jaga Candy, blev galna och förstörde sig själva och allt i sin väg. Nu försökte han sätta upp en ny robotarmé. För att robotar skulle bli medvetna måste deras hjärnor ner i kvanttillstånd. Det kunde man på Mars. Dit ville Plurimax också, men det gick inte alls.

För att komma åt Candy, som han trodde var ett datavirus från Mars, lät han slå sönder alla marsianska datorer innan han hade

några egna. Handlingskraftig som vanligt delade han sedan in alla invånare på Jorden i grupper om hundra personer, barn inräknade, som var och en skulle göra sin egen kvantdator. Tanken var att man sedan skulle gå vidare med den bästa av dem.

Det gick inget vidare och undra på det. Det var ju bara robotar, som arbetade på Jorden. Människor visste inte hur man gjorde. Det var länge sedan de tänkte några egna tankar och robotar uppfinner ju inget. Nya ideer var dessutom ofta olönsamma i början, så dem tog Cyberanden död på innan någon ens blev medveten om dem. Samarbete hindrade den också, för enligt den ekonomiska vetenskapen var det ju bäst för ekonomin om var och en bara tänkte på sig själv.

Här på Mars gjordes nu robotar med Candyhjärnor med några hundra miljoner nervceller. De allra bästa Mars sålde till Jorden, innan Plurimax ville betala med opium istället för helium, var som en råtta med 65 miljoner. Det bästa man åstadkom på Jorden var som en snigels med hundratusen nervceller.

Plurimax började snart misstänka att allt inte stod rätt till. Han justerade ner målen för när de första kvantdatorerna skulle komma fram. Men det rörde sig bara om några månader. Önsketänkande är en mäktig drivkraft och Plurimax ville förstås att hans stora språng framåt skulle bli en framgång.

Hur som helst så slutade robotarna arbeta och många maskiner blev helt obrukbara. Allt var en enda röra. Folk var vansinniga. Några robotar att skicka mot Mars fanns inte. Nu gällde det att passa på och ta så många gruvor som möjligt, ropade Svartskägget. Varför inte Månen också. Det var ju lättare att skicka raketer dit från Mars än från Jorden.

Nu såg jag att vinodlarna blev fundersamma. Då skulle de ju inte längre kunna smuggla vin över Månen och få helium i utbyte. En annan som inte rycktes med i den allmänna glädjen var terroristkärningen. Hennes röst skar som en kniv genom skratten och applåderna.

-Tänk på atombomberna vid Venus, skrek hon och svängde sitt plakat. Ta dom! Bomba dom! Om inte vi får bli som Jorden, så ska Jorden bli som oss!

Vi får se vad som händer, tänkte jag, när jag gick därifrån och hörde jublet bakom mig. Terroristkärningen hade nog rätt. Man borde ta atombomberna vid Venus innan Plurimax gjorde det. Men hur skulle det gå till?

Det gick några dagar, men sedan blev jag inkallad igen. Då kom förmannen i den gula overallen med en ung man med platt och fräknigt ansikte och trubbnäsa. Kinderna var fulla av ärr och det ljusa håret stod rakt upp som en rotborste. Han var mycket yngre än jag och ändå tandlös. De vattniga ljusblå ögonen kisade av trötthet och verkade alltid se på något långt borta. Hans vänstra öra var rött och infekterat och han lutade alltid huvudet åt sidan.

Han sade nästan aldrig något, men så småningom fick jag veta mer om honom. Han hade varit legionär på Jorden, men slog ihjäl sin kompanichef och tog sig till Mars på något sätt. Det fanns många berättelser om sådana människor på Jorden. De var hjältar för många. Det kanske låg bakom ryktena att Flaminia skulle komma till Mars. Min fru var säker på att hon omkom i ruinerna när Plurimax krossade Cyberandens tempel i Rom, men de som ville ha tillbaka henne hoppades säkert att hon levde och kunde sätta sig i säkerhet här.

Det var spännande att träffa en sådan som han, men jag insåg snart att han var som en vanlig människa. Han hade aldrig råd att köpa sig ett namn på Jorden, men på Mars kallade han sig Pecka. Han påstod att det var ett vanligt namn i det område på Jorden, som han kom ifrån. Han hade många tillfälliga arbeten på Mars, ofta med robotar, innan han hamnade i sitt nuvarande jobb. En robot tog hans hand, men han fick en ny. Känslan i några fingrar var dålig. Läkarna brydde sig aldrig om att koppla ihop hans nerver, trodde han. Någon sjukförsäkring hade han ju inte, så han fick ta vad han fick.

Andra gjorde sig ibland lustiga på hans bekostnad liksom på min och det var naturligt att vi, höll ihop. Det visade sig att vi kom från närliggande områden på Jorden. För mycket länge sedan, när det fortfarande fanns något som kallades nationer, så hängde de ihop, påstod han, och det hade jag ingen aning om.

Pecka teg som sagt för det mesta, men jag lade snart märke till att två ord var ständigt återkommande. Dessa två, var och en eller tillsammans, visade sig vara fullt tillräckliga för att vi skulle kunna utföra det, som ålades oss. Jag lärde mig aldrig vad de betydde, men de kunde uttrycka det mesta. En viss ordning fanns det, ty det ena placerades alltid före det andra och aldrig tvärtom.

Det finns jobb som inte ens robotar klarar av och konstigt nog är det ofta de enklaste. Vår uppgift i livet blev att se till att det flöt i kloakerna. De gick från de centrala avträderna på de stora torgen i domerna, där man kunde se rakt upp i avlämnarna mot den ljusröda himlen. Över ett antal mindre sådana ställen försvann de till fekalpastfabriken och gödselstacken, där man malde ner döda människor i dem. Inget får ju förfaras på Mars.

Jag fick kvittera ut arbetskläder. Om jag skadade dem måste jag ersätta dem. Man kunde inte med bästa vilja i världen säga att de passade. Byxorna kunde rymma en person till. Jag fick ständigt kavla upp byxbenen, som var alldeles för långa. Jackan, märkt av gammal smuts, hängde halvvägs till knäna och hade en huva, som täckte öronen och nacken.

Jag fick förvara dem hemma. Kläder på Jorden rengör sig själva. En titandioxidbeläggning hjälper tyget att bli av med fläckar och tar bort lukttande bakterier. För att ha rena kläder måste man bara röra sig i solen, men den konstgjorda solen i domerna på Mars dög inte till det. Kvinnorna i korridoren rynkade på näsan, när jag kom. Ungarna skrattade och pekade finger. Min fru sade inget, när jag hängde av mig dem hemma, men hon ångrade nog att hon tvingade mig att arbeta. Människor uppskattar ofta sin egen lukt, men fördrar andras så mycket mindre.

De stora latrinerna vid de centrala torgen i stadsdelarna var magnifika med sin vita marmorbeklädnad. Den eleganta halvcirkeln hade plats för tjugofyra säten som var åtskilda av skulpterade armstöd. Under halvcirkeln med säten rann en vattenström som spolade bort blandningen och i mitten stod en liten fontän som tjänstgjorde som tvättställ. Dessa så nyttiga platser var något av träffpunkter. De blev följaktligen ofta överbelastade.

Toalettstolarna var inte så enkla. De mätte den sittandes puls och analyserade urin och fekalier på jakt efter sjukdomar. Epidemier kunde ju ha förödande konsekvenser. Stressnivån mättes också. Genom att analysera vad en person lämnade efter sig kunde man finna ett direkt förhållande mellan antalet vita blodkroppar och stress. Hur lång tid var och en tog på sig registrerades också. Dubbelt så många blir förkylda om de är stressade. Cancer och hjärtsjukdomar är också



vanligare.

Byggnader på Jorden rengjorde sig själva precis som kläderna. När solljuset träffade deras aluminiumhud bildades en titandioxidbeläggning av fria radikaler, som bröt ner smutsen och omvandlade giftiga kväveoxidmolekyler i luften till ett ofarligt nitrat. Allt spolades bort av regnet. Men så var det inte med toaletterna på Mars. De måste rengöras för hand.

Värst var att putsa bort smutsen inne i toalettstolen. Ofta stod det någon otålig besökare och väntade på att jag skulle bli färdig. Jag började med att släppa loss några nävar robotflugor. De tog bort det värsta, men sedan fick jag ta till stålull. Några skyddshandskar kostade man inte på oss och vem visste vem som hade suttit där. Jag skurade plikttroget, sprejade, torkade och fortsatte till nästa stol. Drönare gled förbi ovanför. De laddade folks batterier trådlöst, medan de gjorde sina behov, men jag anade att de också kontrollerade att jag arbetade

Toaletterna på ytan var bara början. Sedan skulle vi rensa tunnlarna under dem. De ledde till rötksamrarna där man separerade urin och fast avfall. Urinen blandades med avloppsvatten från bad, disk och tvätt och kondens från befolkningen. Utspädning av den kväverika urinen hindrade för hög koncentration av ammoniak. Denna ström kunde delvis användas för odling av växter, men ur den filtrerades också gödningsämnen som kväve, fosfor och kalium. Ett enkelt sand- och biofiltreringssystem bestod av basiskt marsgrus. Det fasta avfallet komposterades med annat röttslam och rötades i röttkammare. Det fanns de, som köpte dyngan och sålde den till vinodlarna, som jag senare skulle få se.

Tunnlarna var begravda i det djupaste mörker. Ingen kunde gå in där utan att känna skräck och motvilja. Det förekom ingen belysning, men det var i sig inget problem. Kontaktlinserna med sina trådlöst drivna lysdioder gav oss övermänsklig syn. Deras kretsar och antenner ympade på de flexibla polymererna möjliggjorde zoomning, mörkerseende och synliga datafält.

En unken källarlukt slog emot en därinne. Några meter in vidgades gången. När ögonen vant sig vid dunklet trädde väggarnas ojämna stenytor bättre fram. Tunneln ormade sig fram i svaga svängar och det blev kallt, när man kom längre in. Fukten glänste på väggarna. Det hände att en rätta flydde framför en, satte sig längre in med klippande ögon och sedan fnysande flydde vidare när man kom närmare och pipande försvann in i en sidotunnel.



Pecka var tyst som en mur sin vana trogen, när han första dagen visade mig tunnlar. För att komma in måste vi hjälpas åt att skjuta undan den tunga järndörren. Jag halkade och kände att stenläggningen var fuktig. Vi trevade oss fram längs stenväggarna steg för steg. Där var en obeskrivligt vidrig stank som satte sig i kläderna och trängde in i huden. Det var så att min näsa började rinna. Vi fortsatte hela tiden rakt fram utan att stanna vid förgreningarna med rostiga järngaller. Tunneln gick nedåt. Marschen verkade aldrig ta slut. Jag gick allt långsammare. Mina krafter började tryta.

Vi passerade en håla full med smutsiga maskiner. Det luktade krut från den stinkande sörjan runt omkring. Kloaken slingrade sig vidare i en förvirrande härva. Till slut kom vi till en liten damm av trist gulblekt kakel. Den var liten, kanske tio steg tvärs över, fylld av en osande grön brygd av alger. Det var en syreanläggning. Tacksamt andades jag in den syremättade luften.

De blågröna algerna rensade den giftiga atmosfären, men just här var det alltid problem. Där fanns ett lokalt magnetfält, som störde robotflugorna, som skulle hålla rent. När vi kom fram hade de ofta dragit ihop sig i en klump som svärmande bin. Vi tog med oss klumpen, men på vägen vaknade den till liv och hela svärmen flög tillbaka. Vi fick hämta den igen och stoppa den i en säck, innan vi återvände för att rensa upp.

Pecka drog fram en robotklump, som hängde i bältet och formade sig till en skyffel. Jag gjorde detsamma. Vi skyfflade, lastade och bar bort. Jag gick på den ena sidan av rännan med den bubblande gulbruna smeten och Pecka på den andra. Mellan oss hade vi en stång försedd med en krok och på den hängde en stor hink, som ibland skvalpade över och stänkte ner oss. Vi lyckades få det att rinna i rännan igen, men det kom förstås ständigt nya besökare till toaletterna däruppe. De klibbade ofta igen och måste rensas underifrån, medan besökarna var i full färd med sitt. Tiden kröp fram. Det monotona arbetet ville aldrig ta slut, men äntligen blev det dags för middagsrast.

Vi hade bara en halvtimme på oss och fick äta på en enkel taverna. Den låg mitt i röran. Det satt bara ett fåtal personer vid de grova bord. Vid ett bord satt alltid en drucken man och sov med huvudet på armarna. När vi kom, vaknade han upp, såg på oss och somnade igen. Han kände väl lukten. De andra behövde inte bry sig för vi fick hålla till i ett litet rum vid sidan av köket. Vi luktade väl så att man inte ville ha oss bland de vanliga gästerna.

Pecka satte mig vid ett bord och kom efter några minuter tillbaka med två skålar oaptitligt kall fekalpasta. Det var ju det vi arbetade med. Det var en löneförmån förstås, men jag har aldrig tyckt om den. Det vände sig i magen på mig. Jag ville kräkas. Benen började darra där jag satt. Jag fick kväljningar, kurade ihop mig, stirrade ner i den gulbruna gröten och försökte blinka bort tårarna.

Under Peckas uppmuntrande blickar tvingade jag i mig den ena skeden efter den andra tills skålen var tom. När Pecka hade ätit upp sköt han skålen åt sidan och såg sig omkring, mätt och belåten. Mätt var jag nog, men knappast belåten. Det sved i ögonen, när jag äntligen lyckades ta mig på fötter. Dagen därpå såg jag till att få med mig en tunn polymerfilm, som min fru fick från institutet. Lade man den över tungan fick den pastan att smaka som en stek.

Eftermiddagen och alla följande dagar såg ungefär likadana ut. Jag försökte trösta mig med att det ändå fanns någon mening i det vi gjorde. Fullständigt meningslösa arbeten, som i de jordiska myggräskan för de från Cyberanden utstötta, förekommer trots allt inte på Mars. Ett tvångsarbete är betydligt tyngre om det för en själv verkar

meningslöst. Sådant arbete bryter ner människor och det är ju för övrigt den enda meningen med det. Så mycket mer om de sätts in på barn vars sinnen ännu är formbara. Sådana människor kan begå vilka förbrytelser som helst för att slippa denna pina. Det är sådana som blir legionärer i jordiska robotförband eller pirater på Mars.

Pecka hade egna saker på gång och jag kunde inte föreställa mig vad det var, men att det var någonting de flesta inte borde känna till, det förstod jag. När vi skulle lämna för dagen brukade han dra tillbaka regeln på porten en aning, men utan att stänga den helt.

-Ska du inte stänga, undrade jag. Om dörren är öppen så kan ju vem som helst komma in.

-Det kan ha sina fördelar, sade han med blicken som vanligt mot ett obestämt fjärran.

Så en natt, innan vi hann gå därifrån, kom det en man. Pecka verkade inte känna honom. Han var stor och kraftig med ett i det närmaste rakat huvud, såg ut som en gammal pirat. Han hade med sig en robot. Den bar på fyra lådor. De var inne blixtnabbt. Vi täckte över lådorna innan vi gick. Pecka var nöjd att jag hjälpte till.

-Nu är du med, sade han med bister min.

När vi kom tillbaka dagen därpå, var lådorna borta. Jag berättade inte för någon. Varför skulle jag göra det? Vecka efter vecka kom nya lådor och försvann igen. Jag brydde mig inte om att tänka på vad det var i dem, men de verkade lätta. Det är bäst att inte lägga sig i vad piraterna håller på med. En dag dök lådorna i alla fall inte upp längre. I fortsättningen drog Pecka omsorgsfullt för regeln.

Egentligen finns det ingenting som lever i tunnlar, varken råttor eller människor men det är allt möjligt pack som hänger där, tjuvar och bedragare av alla de slag. Även misslyckade mutationer från den marsianska genterapin sökte sin tillflykt i dessa trånga och stinkande gångar. Det hände att renhållningsfolk försvann. Särskilt när de gick ensamma. Då försvann de så gott som säkert. Därför gick vi alltid in tillsammans.

Det var en enorm labyrint som hade grävts under staden av de tidiga pionjärerna. Rulltrapporna, som ledde uppåt eller nedåt, fungerade inte längre. Stegen var sönderfräta av rost och täckta av något brunt som knappt märkbart rörde på sig. Det låga betongtaket var täckt av ett möjligt virrvarr av kablar och rör som på sina ställen hade sjunkit ner så att man fick huka sig för att komma fram.

Det var så mörkt att man inte visste vad som väntade därframme. Ögonlinserna nådde knappt mer än några meter. I ljuset dansade små glänsande bubblor. Tunnelns obehagliga tystnad bröts bara av fallande vattendroppar och svarta rännilar som porlade på golvet. Väggarna glänste av fukt och täcktes av grönvitskimrande mögel. Råttor och kackerlackor prasslade i mörkret.

Ibland stod en sned dörr på glänt, en ingång till något serviceutrymme. På något ställe hade väggarna rasat in och tunneln blivit smalare. Tunneln blev fuktigare ju längre in man gick. Rännilarna blev större, mögelfläckarna flera och luften möjligare att andas.

Det var en blandning av mänskligt avfall och matavfall som ruttna tomater, morötter, nässlor, potatis och alger men också jättestora kackerlackor, som växt sig så stora i tunnlar att de varken kunde flyga eller klättra. De var gråbruna och spolförmiga. Hanarna hade stora genomskinliga vingar men honorna hade konstigt nog bara korta stumpar.

En gång vadade vi fram genom den tjockflytande sörjan i mörkret. Den kändes tjockare och tjockare. Svetten rann sakta längs min hals. Jag kände hur jag började få kramp i ena lårets insida från knäet uppåt ljumsken. Det fick jag ibland sedan jag kom till Mars. Hjärtat slog så fort så att det kändes som om det skulle sprängas. Jag gick med försiktiga steg och släpade de nedtyngda kängorna över metallgolvet under sörjan. När jag satte fram ena foten fruktade jag ett hål och en avgrund.

Vi var på väg fram mot den smala springan mellan två ståldörrar. Genom springan syntes något smutsbrunt, oljeaktigt och nästan levande. Ibland bubblade det upp, höjdes och sänktes. Någonstans på golvet därnere flöt den smutsbruna vätskan, den bubblade och böljade och skvalpade med ett vidrigt kluckande och smackande om man råkade trampa i någon stor klump.

Den steg upp till knäna på oss när vi närmade oss dörrarna. Äntligen kom vi fram till dem. Jag snuddade något stort och försökte kliva över, men var så trött att jag snubblade på mina egna fötter och föll rakt ner i sörjan. Verktygen spjärnade emot i fickorna på overallen när jag hävde mig upp ur vattnet. Jag kippade efter andan med stumma ben och lutade mig fram för att se. Något låg i sörjan på golvet.

Mellan dörrarna låg en gestalt som fastfrusen med armen i kläm. Ett vitt stelnat rättbitet ansikte med två tomma ögonhålor stirrade upp mot mig ur den mörka sörjan. Jag huttrade och kände plötsligt kylan och lukten härnere i mörkret. Fötterna kändes iskalla, men från hal-sen och uppåt svettades jag. Den varma, salta svetten som först bara samlats i små droppar på pannan, strömmade över ansiktet och brände i ögonen. I öronen dunkade blodet allt högre.

Vi försökte vrida på den stora ratten på den ena dörren, men den hade antingen kärvat eller låst sig. Vi hängde oss på ratten med hela vår tyngd, men den vägrade ge med sig. Pecka lirkade in en arm och försökte klämma sig igenom. Han fick in axeln och sedan benet men kom inte igenom med huvudet. Han pressade in hela armen och försökte få ett grepp på insidan av dörren så han kunde dra sig in men bröstkorgen fastnade. Jag tog tag i dörrbladet och drog, men dörren satt fast.

I ett hörn satt ett rör som slingrade sig ut genom väggen. Pecka grep-pade röret, tog spjörn med fötterna mot väggen och drog. Röret lossnade längre ner och böjde sig. Han tog tag i den lösa änden, böjde och bände fram och tillbaka tills röret började gå av i den del, som fortfarande satt fast. Han fick pärlor av svett i pannan, men han fortsatte att rycka och trycka, fram och tillbaka. Röret gick av. Han stack in röret genom ratten och vi hängde oss på det, gungade med hela vår kroppsvikt. Ratten rörde sig litet, men dörren öppnades inte.

Men rännan måste ju rensas. Till slut slet vi ut kroppen ur dörröppningen. Armen lossnade och blev kvar mellan dörrarna. Vi släpade med oss liket till ett torrare ställe. Pecka vände på det med stövelspetsen. Den uppsvällda, stelnade kroppen gav långsamt efter och rullade över på rygg. Den var nedsmord med intorkad gegg.

Jag frågade Pecka hur den här stackaren kunde ha hamnat här och han brummade något om eld till svar. Kanske ställde den här karlen till med någon eldsvåda och blev fördriven från samhället. En eldsvåda i ett slutet utrymme som det marsianska kan bli katastrofal. Partialtrycket av syre är högre än i luften på Jorden. Många material som inte kan brinna där är lätta att antända på Mars. Den lägre gravitationen gör också att elden breder ut sig lättare och är svårare att släcka eftersom lågorna sprider sig åt alla håll. Att orsaka en eldsvåda är ett grovt brott eftersom det kan riskera hela kolonin.

På morgonen skyndade jag mig till jobbet för att hinna fram i tid. Det tog tid att gå. Jag hade en halvtimmes väg innan jag var framme. Jag höll mig så långt borta från alla andra som möjligt. Jag visste att jag luktade. Jag gick med huvudet sänkt och undvek att se på någon, men jag märkte att folk äcklade höll sig på avstånd från mig.

Jag visste det nu. Jag skulle aldrig komma tillbaka till Jorden. Jag skulle aldrig mer uppleva brisen en varm sommarkväll, vinden som smekte ansiktet. Nu bestod livet av tunnlarnas tak, gyttret av ruttande ledningar och så skulle det bli resten av mitt liv.

Dag efter dag gjorde vi samma sak. Vi gick längs tunnlarna och skotade bort hårdnad avföring. Den bubblande, stinkande sörjan rann kring fötterna på oss. Vi gick genom trånga sidogångar, genom smutspölar och över stinkande vattensamlingar. Lutade för att inte stöta huvudet mot taket. Det var ett slags straffarbete. Min blick vände sig vid den underjordiska hålan.

Vi skulle också tvätta tunneln med en högtryckstvätt. Det var tyngre än jag föreställt mig. När vi var färdiga med en tunnel var det bara att börja med nästa. Pecka skakade bara på huvudet, om jag försökte säga något. Jag gav upp. Gjorde mitt jobb och mer än det. Jag gjorde det han inte ville göra för handens skull. När arbetet var så meningslöst och tungt, var det svårt att inte solidarisera sig med honom. Men han pratade ändå inte med mig.

Vi försökte dra ut på arbetet så mycket som möjligt. Vi gjorde det vi skulle göra i en sådan takt att vi kunde ta mindre pauser. Då lade vi oss raklånga på någon torr plats och sträckte ut de ömmande ryggmuskulerna. Alla tankar stannade upp på grund av smärtan som spred sig genom musklerna och tröttheten som kröp genom kroppen och nästan förlamade en.

Efter ett par minuter var det dags att arbeta igen. Kroppen utförde sina rörelser men tankarna malde. Det fanns ingen väg ut. Stanna bara kvar, du behöver bara härda ut, sade jag till mig själv. Det är ju ändå ett arbete som måste utföras. Det blir nog bättre. Men tiden gick och det blev inte bättre.

Tröttheten växte. Ibland satte jag mig på avsatsen vid sidan av kloakrännan för att vila. Då stod Pecka otåligt och väntade. Det kom en smygande stank från rännan.

-Upp med dig, sa han till slut. Här kan vi inte bli sittande. Vi ska till nästa tunnel.

Jag fick anstränga mig för att upptäcka hans drag i mörkret, men jag klandrade honom inte. Han tänkte på ackordet. Man körde med gruppäckord. På det sättet driver arbetarna på varandra. Vi hade båda våra biometrisk data i ögonbotten. Våra linser laddades med poäng beroende på hur lång tid vi tillsammans lade ner. De kunde användas för att köpa mat, nöjen och så vidare. Jag ville inte att han skulle förlora för min skull.

Allt var kyla. Allt var ensamhet. Till slut fick jag en förkylning i kroppen. Feber. Hosta. Trots det tackade jag inte nej till arbete. Om man tackade nej hamnade man längst ner på förmannens lista.

Men Pecka fick göra allt mer av vårt gemensamma arbete och blev allt tystlåtnare. Vem vet hur det hade slutat om inte Pecka, som hade varit med om litet av varje, rätt som det var fick ett nytt uppdrag och jag skulle hjälpa honom. Vi skulle ut på ytan. Vinodlingarna, som det talades så mycket om första gången jag var på en av Svartskäggets predikningar, var nu på gång. Det skulle byggas nya växthus på marken, som Svartskägget hade förvärvat från någon pionjärfamilj. Det mänskliga avfallet som vi höll på med blev till slut jord och skulle levereras dit. Äntligen skulle vi komma ut ur de mörka tunnlarna.