



# BEVINGAT

Flygtekniska föreningens tidskrift • Nr 1/2000

## SVENSK RYMDFARKOST MED DESTINATION MÅNEN

Den europeiska rymdorganisationen ESA gav i oktober 1999, Svenska Rymdaktiebolaget uppdraget att utveckla rymdsonden SMART-1 som skall vara klar att sändas till månen om tre år. Utvecklingskontraktet är värt ungefär 33 miljoner euro.

I en kommentar säger Rymdbolagets verkställande direktör, **Dan Jangblad**:

*"SMART-1 innebär att stort steg för Rymdbolaget och ett jättekliv för svensk rymdindustri som för första gången får ESA:s förtroende att ta systemansvar för en hel rymdfarkost. Vi hoppas att detta förtroende skall ge Rymdbolaget och svensk rymdindustri nya möjligheter på den internationella rymdmarknaden. Att månen är målet för SMART-1 är naturligtvis fascinerande och något som kommer att inspirera oss i utvecklingsarbetet".*

ESA:s rymdforskningsprogram omfattar, förutom de ambitiösa s.k. Cornerstone-projekten, också mindre och billigare rymdprojekt för att prova kritisk teknik för de stora projekten. Det aktuella programmet kallas SMART - "Small Missions for Advanced Research and Technology".

### Rymdfarkosten, SMART-1

I det första projektet i programmet, SMART-1 skall en elektrisk raketmotor provas, som är avsedd att användas i i farkoster som i framtiden skall utforska planeter längre ut i solsystemet, bl.a Merkurius. Farkosten bär också med sig kameror och andra instrument för utforskning av månytan, särskilt dess poler där man tror att det finns vatten och is.

**Rymdbolaget** är huvudleverantör till ESA:s tekniska centrum (ESTEC) i Holland och bolagets Science Systems Division i Solna har det övergripande projektlednings- och konstruktionsansvaret. Projektledare är **Peter Rahtsman**.

SMART-1 kommer att slutmonteras hos **Saab Ericsson Space** i Linköping. Elkraftsystemet ombord skall utvecklas av företaget **Omni-Sys** i Göteborg. **Saab Combitech Systems** ansvarar för ombordprogramvara. Dessutom anlitas **Aero-Tech** för tillverknings- och konstruktionsuppgifter. Totalt ingår 24 underleverantörer från åtta länder i Rymdbolagets industriteam.

SMART-1 väger ca 350 kg och **sänds upp** med en Ariane 5-raket till en s.k. geostationär transferbana med topphöjden 35800 km. Den **elektriska raketmotorn** accelererar ett plasma av Xenon-joner och ger ca 90 milliNewtons dragkraft (den kraft som 9 gram utövar på underlaget). Motorn tänjer ut denna bana under ca femton månader så att SMART-1 fångas in av månens dragningskraft. Den elektriska motorn för in rymdfarkosten i en bana mellan 3000 och 10000 km:s höjd över månens poler. I sex månader skall SMART-1 kretsa kring månen och göra mätningar. ESA:s nät av markstationer i Spanien, Franska Guyana och Australien används för radiokontakt med SMART-1.

**Solpaneler** med gallium-arsenidceller levererar ca 1800 Watt elektrisk effekt. Farkosten är **treaxligt stabiliserad** med hjälp av ett svänghjul och dess orientering bestäms med en stjärnkamera och solsensorer.

**Omborddatorn** har konstruerats av Rymdbolaget i samverkan med

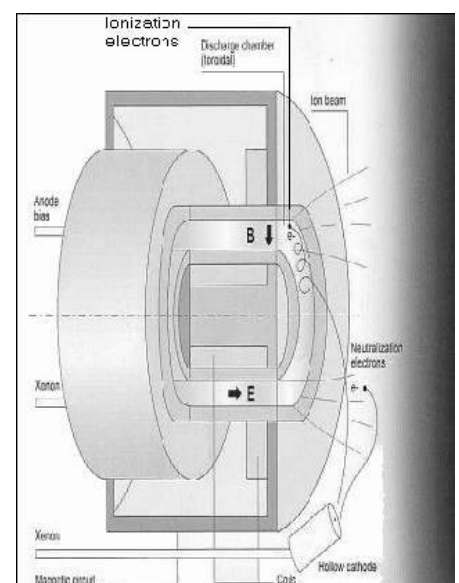
ESTEC och baseras på en 32-bitars mikroprocessor. Farkostens aluminiumskrov har formen av en kub med ungefär 1 meters sida.

### Raketmotorn

Det som karakteriserar elektrisk framdrivning är att man utnyttjar elektrisk energi för att accelerera joner till hög hastighet, istället för att använda kemisk energi bunden i vätskor som matas till en raketmotor.

Den elektriska raketmotorn kan bara ge en bråkdel av dragkraften jämfört med en kemisk men den elektriska utnyttjar sitt drivmedel mycket effektivare, ca 50 gånger bättre än kemiska raketmotorer.

På marknaden finns i huvudsak två olika tekniska lösningar som kan användas; Jon-motor och Hall-plasma-motor. I båda fallen är det Xenonjoner som accelereras till en hög hastighet. För SMART-1 valdes en Hall-plasma-motor. Denna konstruktion bygger på en teknik



som utvecklades parallellt i USA och i Sovjetunionen på 60-talet. Amerikanerna satsade på Jon-motorn, som bland annat har provats på Deep Space 1, medan Ryssarna valde att vidareutveckla Hall-plasma-motorn. Utvecklingen i Ryssland har letts av **Fakel**, en fabrik i Kaliningrad. Karakteristiskt för Hall-plasma-motorn är att man utnyttjar plasmans egenskaper i ett magnetfält för att åstadkomma en kompakt och lätt motor. Jon-motorn kan ge en högre specifik impuls men sett ur systemeffektivitet, d.v.s. då hänsyn tas till framdrivningssystemets vikt, är Hall-plasma-motorn att föredra.

Motorn har ett kraftaggregat som genererar driveffekten (350 V, 3.5 A). Förutom Xenon-tanken som rymmer 80 kg gas vid ett tryck av 150 bar finns ett tryckreduktionssteg och en flödeskontrollenhet. Dessa styrs av elektronik som hela tiden försörjer motorn med rätt mängd Xenon. Flödet är av storleksordningen 3 mg/s och ger en framdrivningskraft av 88 mN.

Motorn består av en anod samt en katod. Katoden har två uppgifter, dels att skapa elektroner som fångas i anodens magnetfält och som medverkar till att jonisera xenongasen, dels att skapa en stråle av elektroner som lämnar sonden varigenom man undviker statisk uppladdning.

De positiva joner som skapats inne i anoden accelereras av det elektriska fältet och lämnar motorn med en hastighet av ca. 20 km/s. Det är denna hastighet som bestämmer en motors effektivitet, eller specifika impuls. Hall Plasma motorn har en specifik impuls på 1720s vilket är ungefär 10 gånger bättre en vad som kan åstadkommas av konventionell raketeknik.

Motorn väger 4.35 kg och hela systemet, exklusive Xenongas, 29.3 kg.

## Nya möjligheter

Tack vare den höga specifika impuls som en Plasmamotor ger så öppnas nya möjligheter inom rymdforskningen. ESA planerar att utforska planeten Merkurius och avser att utrusta en sond med ett elektriskt

framdrivningssystem. Vad gäller bemannade färder till Mars så har man med dagens teknik orimligt långa restider. Även här skulle elektrisk framdrivning kunna vara ett alternativ. Den mycket låga kraft som motorn utvecklar gör dock att mycket utveckling återstår innan detta är ett realistiskt alternativ.

Ett användningsområde där plasmamotorer utnyttjas redan idag är geostationära kommunikationssatelliter. För att hålla en kommunikationssatellit i rätt bana används styraketer ombord för att motverka de störningskrafter, som verkar

på satelliten. En normalstor kommunikationssatellit använder cirka 25 kg kemiskt drivmedel per år för att hålla sig i rätt bana. Med plasmamotorer utnyttjar man i stället energin från solpanelerna, vilket ger lägre vikt hos satelliten, som bidrar till att satellitlivslängden kan ökas.

(Källa: Rymdbolaget, Artikel av Jonas Kugelberg)

## HÖGHÖJDSFLYGPLAN och luftskepp - alternativ till satelliter

**Artikelförfattaren Tord Freygård intervjuades i Sveriges Television av Benny Eriksson i programmet "NOVA", som sändes under månadsskiftet februari/mars 2000. I programmet medverkade även Flygtekniska Föreningens hedersledamot Direktör Per Lindstrand, världsberömd ballongfarare och luftskeppskonstruktör. Här följer bakgrunden för intervjun.**

### Det svenska höghöjdsförslaget

För ca fem år sedan föreslog de svenska flygplansexperterna **Bergström** och **Ridder** (Thulinmedaljör, guld 1992) användningen av höghöjdsflygplan som plattformar för basstationer för mobiltelefoni. Flygplanen skulle obemannade flyga i en stationär cirkel på 20 km höjd och ha lång uthållighet. Med ett fåtal flygplan skulle man kunna skapa kontinuerlig täckning för mobiltelefoni t ex över hela Skandinavien.

### Satellitprojekt i konkurs

Ungefär samtidigt påbörjades projekteringen av tre globala lågflygande satellitsystem för mobiltelefoni, (Iridium, ICO, Globalstar). Investeringen i vart och ett av dessa system beräknades till ca: 5-7 miljarder USD (40-60 GSEK) Teknologinivån i systemen fick "frysas" på 1995 års nivå. Vad ingen hade

förutsett var den kommande dramatiskt snabba teknikutvecklingen avseende landbaserad mobiltelefoni och möjligheterna till mobildata samt den oerhört snabba abonnenttillväxten för mobiltelefoni och Internet. Under 1999, straxt efter driftsättningen av Iridium och något år före driftsättningen av ICO, fick båda dessa organisationer begära sig i konkurs och fick inleda omförhandlingar med bl a investerare för att kunna erhålla ytterligare finansiering. Iridium har haft stora svårigheter att värva tillräckligt antal abonnenter. Detta har inneburit att ytterligare investeringskapital ej har kunnat erhållas, varför systemet måste stängas av och skrotas under år 2000.

### Höghöjdsflygplan och luftskepp som plattformar för övervakning och kommunikation

*Ovannämnda gigantiska investeringar, som således måste göras utan att kunna "testa" marknaden i förväg, har lett till ett ökat intresse för luftburna plattformar.* Dessa har fördelen att kunna driftsättas en och en med en inledande begränsad investering. Täckningssområdet kan riktas mot tätbebyggda områden där ett stort antal potentiella abonnenter finns. En annan fördel är att snabbt kunna etablera täckning över ett tätbefolkat område för en ny kommunikationsstan-



NASAs solcellsdrivna flygplan *Centurion*.

dard t ex tredje generationens mobilsystem eller bredbandskommunikation. Genom att kommunikationsavståndet till de luftburna plattformarna blir kort i jämförelse med satellit, blir abonnentterminalernas antenner enklare och terminalerna billigare.

Om de luftburna plattformarna kan landas så kan även elektroniken regelbundet uppgraderas till senaste tekniska nivå vilket ej är möjligt med satellitsystemen. Det stora intresset för lågflygande satellitsystem (Low Earth Orbit "LEO", c:a 1000km) relativt geostationära satelliter (Geostationary Orbit "GEO" c:a 36.000 km) beror på att fördröjningstiderna för tal och data är nästan försumbara medan de för GEO är c:a 0.5 sekunder tur och retur mellan abonnenterna via satelliten. Således har på senare tid genom de finansiella svårigheterna för de lågflygande satellitsystemen intresset ökat starkt för att försöka realisera de luftburna plattformarna (Near Earth Orbit "NEO" c:a 20 km)

## En teknisk utmaning

När man letar efter nya idéer och koncept är det alltid viktigt att beakta möjliga synergieffekter från flera olika teknikområden. Visionen är att skapa solcellsdrivna luftfarkoster, som med bränsleceller kan lagra energi för mörkerdrift och utrusta dessa med avancerade antenner medelst vilka kommunikationskapaciteten kan bli mycket hög. Den tekniska utmaningen är att plattformens aerodynamiska utformning skall ge lågt luftmotstånd och att drivsystemet därmed skall kunna hålla farkosten på position med hög noggrannhet även

vid tillfälligt höga vindbyar. Beräkningar indikerar att storstadsområden kan täckas av ett system med några få plattformar vilka kan betjäna många hundratusentals abonnenter. Investeringen i ett system verkar kunna betalas tillbaka inom några år.

Konstruktionsutkast finns till solcellsdrivna luftskepp där solcellerna är integrerade i höljet av plastfolie. Dessa farkoster blir mycket stora c:a 250 m långa och 60 m i diameter och kan rymma mycket omfattande antennkonstruktioner. Medelst en helikopterrotorliknande propeller driven av en elektrisk motor beräknas dessa luftskepp kunna hålla sig på plats i ett band c:a  $\pm 45^\circ$  omkring ekvatorn, inom vilket område en mycket stor del av jordens befolkning bor. Norr och söder om detta band förutses under vinterhalvåret, starka vindbyar kunna uppstå, vilket med nuvarande teknologinivå för luftskeppen skulle skapa svårigheter med att bibehålla en konstant position. Ett flygplansalternativ, som utvecklats inom ett av NASA's forskningprogram, är de elektriska flygplanen **Helios** och **Centurion** som framgångsrikt provflugits på Hawaii och i Californien och uppnår höjder mellan 20-30 km och har därmed slagit höjrekord för propellerdrivna flygplan. Företaget Scaled Composites har under ledning av den kände konstruktören Burt Rutan utvecklat ett bemannat höghöjdsflygplan **Proteus** som är specialutformat för att bära stora antenner. Denna farkost har en uthållighet på hög höjd av c:a 8-12 timmar med två mans besättning. Slutligen kan sägas om antennerna att dessa genom lober, som medger frekvensåteranvändning, kan

skapa ett cellulärt täckningsmönster på marken med c:a 500-1000 celler. Denna typ av antenner gör att frekvensspektrum ej längre behöver betraktas som en begränsad naturresurs eftersom frekvenserna går att återanvända i de olika lobbarna.

## Militär användning

I samband med att Sveriges Försvarsmakt organiserar internationella insatsstyrkor kan det bli en värdefull resurs att kunna medföra luftburna plattformar till operationsområdet för att omedelbart kunna etablera täckning för ett kommunikationssystem med gemensam standard, som kan utnyttjas av samtliga deltagare i operationen. Medelst radar på samma plattform kan också ett "informationsövertag" skapas vilket är utomordentligt väsentligt i det inledande skedet av en internationell operation.

Den amerikanska tullen och kustbevakningen utnyttjar sedan flera år ett system med aerostatburen radar för gränsövervakning mellan USA och Mexico. Det amerikanska försvaret har ett kommunikationssystem under utveckling, som kallas "Airborne Communication Node" och utnyttjar det obemannade höghöjds flygplanet **Global Hawk** som plattform. Syftet är att snabbt kunna skapa täckning över ett operationsområde både för militär radio och mobiltelefoni.

## Lovande teknikutveckling

Ovannämnda applikationer är av stort intresse men baserar sig på att luftburna höghöjdsplattformar verkligen är realiserbara. Det som är mycket lovande är att samtliga ovannämnda teknikområden för flyg, solceller, bränsleceller, antenner och material har en mycket stor utvecklingspotential. Om några år kommer därför sannolikt driftsäkra plattformar att kunna byggas och möjligheterna för ett flertal lovande applikationer kommer att realiseras.

**Tord Freygård**

# DEN RYSKA RYMDSKYTTELN "BURAN"

Den 16 december 1999 arrangerade Flygtekniska föreningens lokalavdelning ett studiebesök i Göteborgs hamn för beskåda den ryska rymdskytteln Buran. Skytteln låg 3 veckor i en hamndocka för att sedan fraktas vidare till Australien, för att därefter fortsätta på en världsomspännande turne. På besöket deltog 41 personer från bl.a. Saab Space AB, Onsala rymdobservatorium och Chalmers.



## Historik

1976 sattes startskottet för konstruktionen av den ryska skytteln Buran ("snöstorm" på ryska), som ett svar på USA's skyttel program. Byggandet av skytteln började 1980 och den första fullskala Aero-Buran rullade ut 1984.

De första testerna genomfördes i juli 1983 med en skalmmodell av Buran. Man genomförde ytterligare fem flygningar av skalmodellen de följande åren. Aerodynamiska prov med en fullskala Buran började 1984. Denna aero-Buran blev utsliten efter 24 flygningar och flög aldrig mer. Den sista av dessa testflygningar var i april 1988.

Den första och enda rymdfärden i bana runt jorden av Buran genomfördes med start kl: 03.00 GMT den 15 november 1988, då uppskjutningen ägde rum.

Färden var obemannad eftersom de livsuppehållande systemen ej var utprovade och CRT skärmarna ej hade någon mjukvara installerad. Farkosten sändes upp med den kraftfulla startraketen Energiya i en bana på 247 km samt 256 km med inklinationen 51.6 grader.

Buran tillryggalade två varv runt Jorden innan den tände bromsraketerna.

Farkosten landade kl: 06.25 GMT i Tyuratum. Färden var begränsad till två varv i bana på grund av för lite datorminne.

## Efterspel

Fastän den första rymdfärden var obemannad, såg det lovande ut för framtiden. Den autopilot som landade skytteln hade en förmåga att klara sidovindar på 15 m/s med max 1.5 m avvikelse från landningsbanas mitt. Endast 5 av de 38 000 värmesköldarna hade lossnat under färden.

Efter den första flygningen med Buran, minskade anslagen till projektet. Fram till den officiella nedläggningen av det ryska rymdskyttel programmet 1993, följdes projektet långt innan dess av förseningar. Det fanns två andra Buran skyttlar under konstruktion. Den andra skytteln "Ptichka" (liten fågel på ryska) var planerad till 1990. Den tredje Buran till 1992.

Ingen av dessa blev färdiga. I november 1995 nedmonterades de två delvis färdigkonstruerade skyttlarna. Tillverkningsanläggningen är planerad för att konverteras till en fabrik för produktion av bussar, sprutor och blöjor!

**Albert Nagy**

Vice ordf. Gbg lokalavd.

*källmaterial: <http://liftoff.msfc.nasa.gov/rsa/buran.html>, samt TT(Metro).*

## FTFs Hemsida på Internet

Adressen är:

[www.flygtekniskaforeningen.org](http://www.flygtekniskaforeningen.org)

På FTFs Hemsida finns bl.a aktuell information om Huvudföreningens Programverksamhet.

BEVINGAT finns också på Hemsidan under rubriken "FTFs Tidskrift" och kan laddas ned fr.o.m nr 4 1996.

Hemsidan redigeras av redaktören för BEVINGAT.

## BEVINGAT

*utkommer med 4 nr/år och distribueras till FTFs medlemmar*

### Redaktör

**och ansvarig utgivare**

Lars Anderson

Kammakargatan 52

111 60 Stockholm

Tel. 08-791 84 91

E-post: [ftf@mailbox.swipnet.se](mailto:ftf@mailbox.swipnet.se)

### Lokalredaktörer

Alfred Persson, Göteborg

031-93 61 31

Per Bertler, Linköping

013-18 52 31

Torsten Höjrup, Malmö

040-49 92 05

Thomas Johnsson, Trollhättan

0520-948 44

*Manuskript adresseras till redaktör eller lokalredaktörer. Manusstopp för nästa nummer: den 30 april.*