



# SETI

**PÅ SPANING EFTER LIV I UNIVERSUM**

**Med sina 305 meter i diameter är Arecibo-teleskopet världens största antenn och jordens öra mot världsrymden. Den är så känslig att den kan höra en walkie-talkie på Pluto. Om en utomjordisk civilisation sänder något till oss, är det Arecibo som kommer att höra det först.**

## AV JÖRGEN STÄDJE

**P**rojektet Seti@Home rullar snart på datorer i alla länder världen över med samma mål för alla deltagare: att försöka hitta intelligenta signaler i brus från rymden. Men vad är det egentligen som händer? Hur går datainsamlingen och distributionen till? Vad kommer att hända om vi hittar en signal? Nätverk & Kommunikation har varit på ort och ställe och tittat efter, och har alla svaren.

**Bered dig på ett stort läsäventyr**

Denna artikel är omfattande, och är indelad i fem delar:

- "Arecibo, jordens stora öra" behandlar processen med datainsamling och utrustningen som används där.
- "Serendip IV – utrustningen i fokus" är en beskrivning av den maskin som står i Arecibo och gör förbehandling av inkomna signaler.
- "Berkeley, Kalifornien" beskriver informationens vidare förädling och hur den sänds ut över jorden för att behandlas av alla som deltar i projektet Seti@Home.

- "Läsänvisningarna" är ganska omfattande, för ämnet har stort djup och den här artikeln är alltför kort.
- "Sagens meddelande till stjärnorna" visar det meddelande som vi här på jorden själva sänder ut i rymden.

**Arecibo, jordens stora öra**

Den skramliga jeepen tar sig upp, upp allt högre längs bergskammen. Plötsligt viker den ångande djungeln åt sidan och där ligger den... Som ett grävitt hav breder den ut sig framför mig i en väldig öppning i djungeln, världens största radioantenn, en mjukt buktande yta av aluminium upphängd i många hundra stälvbjörar i en naturlig urgröppning i bergslandskapet mitt i Puerto Ricos högland.

Känslan av att stå invid jordens stora öra mot universum är obeskrivlig. Får vi kontakt med utomjordingar, så är det här det händer. Runt om mig, under mig och ovanför mig, finns ett skålformat metallnät av 10 fotbollsplaners storlek, men bortsett från papegojornas kacklande och cikadornas knirkande hörs det ingenting. Rymdens brus är lika fjärran här som på alla andra ställen på jorden och ändå är



det mer påtagligt här än någon annanstans. Stjärnor mullrar, pulserar dundrar som ånglok eller tjuter som sirener och universums bakgrund brusar stilla. Inne i stationen visar instrumenten att universum är fullt av aktivitet.



**Hör allting ända till bortre Pluto**

Antennen är så känslig att det knappt går att föreställa sig. För att du ska kunna förstå dess oerhörda känslighet frågade jag vetenskapsmännen om man till exempel kunde höra en walkie-talkie på Pluto? De räknade en stund på sina datorer och kom snabbt fram till att, ja, det kan vi utan vidare.

Signalstyrkan skulle dock vara så oerhört liten att det vore meningslöst att publicera alla nollorna här i tidningen, och ändå lyssnar man på Arecibo regelbundet till ännu svagare signaler. SETI-projektet Phoenix som går parallellt med Seti@Home i Arecibo använder till exempel rymdfarkosten Pioneer 10 som kalibreringssignal. Den sändes upp för mer än 28 år sedan och har för länge sedan lämnat vårt

solsystem, på ett avstånd av 11,2 miljarder kilometer. Den sänder inte ut mer än en enda ynka watt från detta enorma avstånd, men Arecibo har inga problem att höra den.

Naturligtvis är Arecibo den enda antenn som kan höra den, inte bara på grund av sin enorma storlek, utan också på grund av att lobbredden är så liten.

Ju större antennen görs, desto smalare blir området den "ser" i rymden.

På det frekvensband som är aktuellt för Seti@Home (L-bandet, 1,3 - 1,4 gigahertz) är lobbredden inte mer än 3,7 bågminuter (en grad är indelad i 360 bågminuter), alltså inte så bred som en strålkastarkägla, inte ens så bred som en målradarstråle, utan betydligt smalare och mera samlad än en laserstråle.

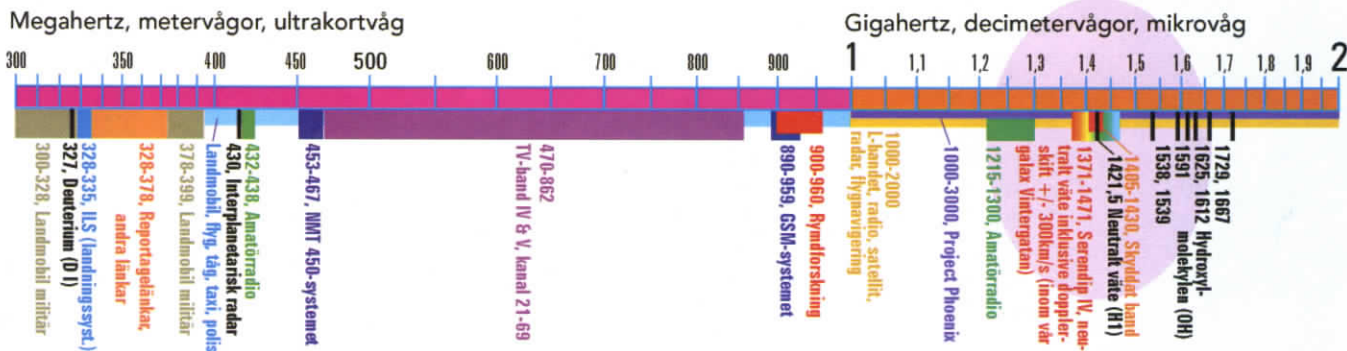
I jämförelse med en TV-parabol skulle TV-antennen vara som en boxhandske och Arecibo som en synål. Allt detta sammantaget kallas för antennförstärkning och Arecibo har hela 75 decibel förstärkning! De antenkunniga må baxna, men siffran är sann. Antennen hänger i mängder av armsgrova stål vajrar ned i en

naturlig urgröpnung i berget (kallat "sinkhole") och spänns till sin exakta form av tusentals små vajrar i betongpelare fastgjutna i berget. Formen justeras hela tiden för att den ska bibehållas exakt trots väder- och temperaturförändringar, korrosion och tropiska stormar.

Puerto Ricos bergstrakter är fulla av sinkholes, men man valde just denna urgröpnung för att den var lagom stor och för att den har naturlig dränering och inte vattenfylls under regnperioden, tack vare ett naturligt avlopp. Man fick visserligen karva av lite berg på två ställen, men annars har berget inte modifierats. Antennskålens insida är klädd med plattor i aluminium, dryga 73 000 kvadratmeter, som sitter fast i fjäderbelastade skruvar och kan justeras i höjddled.

Då och då går man igenom och justerar antennens skålform för att få så bra fokus som möjligt. Ett par centimeters fel ger mycket signalförlust på 2,5 gigahertz, där våglängden bara är 12 centimeter. Antennen är inte parabolformad, som en vanlig TV-antenn, utan sfärisk, det vill säga som en sektor av en boll.

RADIOASTRONOMISKT FREKVENSSPEKTRUM



RADIOASTRONOMISKT FREKVENSSPEKTRUM. Det är trångt i rymden. Radioastronomerna slåss med tusentals andra tjänster.



## Kontrollrummet

Härför styrs antennens riktning och fokusering.

TV:n med Halloween-pumpen på är övervakningsmonitor för mottagarna uppe på plattformen. Därefter lite kommunikationsradio och en vanlig surf-PC. Den lutande panelen är en avlyssningsenhet för de mikrofoner som sitter uppe i plattformen, för att man ska kunna höra om det finns någon däruppe innan man startar tågen (utöver säkerhetsbrytarna, naturligtvis). Sedan följer fyra PC som används för att scanna med antennen (köra tågen) och fokusera den (dra i vinscherna). PC:arna mitt i bilden är loggstationer som visar vart antennen pekar, och den lutande panelen vid bakre väggen är en avlyssningsenhet för de mikrofoner som sitter i höjdhållningsvinscherna, för att man ska kunna höra hur vajer spel och växellådor mår. Dörren in till MF-rummet härnäst och slutligen en hylla med frekvensdokumentation och loggar. Ett svep på cirka 180 grader.

Man valde denna form för att slippa få ett enda fokus som en parabolantenn ger, och istället få vad man kallar ett linjefokus, så att strålar från lite olika håll ändå fokuseras ungefär i antennen mitt. Problemet är att antennen sitter fast i marken och inte kan riktas efter önskan. Värre än så: jorden roterar och antennen med den, varför antennen kontinuerligt sveper över universum, utan att kunna stannas om man skulle hitta något intressant.

Naturligtvis har man vänt detta till sin fördel, och i just Seti@Home-projektet används denna egenskap till att avgöra om signalerna kommer från världsrymden eller är jordiska störningar.



### Plattformen

Själva mottagardelen består av flera mottagare och antennhorn som sitter i ett stort hus, som i sin tur är rörligt i flera

led på en liten järnväg som hänger i vajrar mitt i antennen (plattformen). Genom att röra

mottagaren i sitt hus emot jordens rörelse kan man faktiskt, med hjälp av antennens linjefokus, hålla ett och samma celesta objekt i fokus i upp till två timmar. Det räcker mer än väl till för att till exempel radarkartera Merkurius, söka efter borttappade satelliter och så vidare. Hade antennen varit parabolisk hade det bara funnits ett fokus mitt i, och alla försök att flytta mottagaren bort från centrum hade resulterat i aberration, en ofokuserad stråle.

Eftersom Seti@Home måste ha tillgång till antennen hela tiden, kan man inte använda sig av de stora mottagarna, som ju delas av flera forskare, utan man har en egen liten antenn som sitter vid sidan av de större. Den inkommande signalen skickas ned på en fiberoptisk kabel, nedblandad till en mellanfrekvens på 260 megahertz, som tas ur de stora filterbankarna i punkt 8 i bilden på sidan 33 och går vidare in i datorhallen.

Plattformen väger sina modiga 900 ton och hålls fast i höjddled av vajrar från de tre höga tornen med en noggrannhet på bara några centime-

ter. Man mäter ständigt avståndet från marken med sex laseravståndsmätare, två på vart och ett av konstruktionens tre hörn och triangulerar fram avståndet.

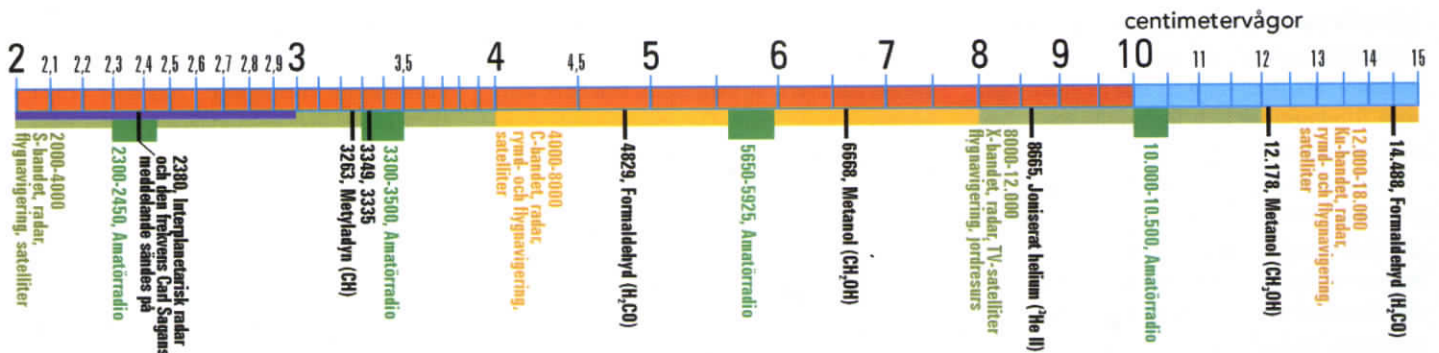
Höjden kompenseras med hjälp av en dator som drar i tre vajrar med hydrauliska vinschar som spänner ned konstruktionen mot marken, och arbetar mot de vajrar som håller konstruktionen uppe i luften. En graf på en bildskärm i kontrollrummet visar ständigt är- och börvärden, och noggrannheten på ett par centimeter på en konstruktion som är flera hundra meter hög, hänger i stål vajrar och väger 900 ton är ofattbar.



### Människa och teknik sida vid sida

Allt är möjligt med datorer, nästan, för det måste fortfarande en människas känsliga öra till att höra om hela konstruktionen mår bra. Därför har man mikrofoner överallt och på en

konsol i kontrollrummet kan vakthavande höra hur hydraulvinscherna går och lyssna sig till om någon del håller på att bli sliten och måste bytas ut.





Utsikten från panoramafönstren i kontrollrummet är häfningsvärd. Solen som strålar ner över den gigantiska antennen, den vita plattformen som svävar uppe i luften och runt omkring ångande djungel, cikador som spelar, papegojor som skriker i palmerna, bananer... Men låt oss fortsätta med mottagarna.

### Ljudkänsligt värre på anläggningen

Den känsligaste delen av hela systemet är mikrosvågsmottagarna. De sitter ute i det halvklotformiga trevåningshuset som hänger under plattformen, The Gregorian, efter namnet på den typ av reflektorer som används inuti. Längst ner finns ett helt skärmat rum som inrymmer alla mottagarkretsarna. Mottagarna är kylade med flytande helium för att halvledarna ska brusas så lite som möjligt. Allt annat är också helt avstört.

Man hade till exempel sådana problem med en LCD-display i en nivåmatrare från Hewlett-Packard i mottagarrummet att man till sist fick överge den. LCD-displayer betraktar ju vi vanliga datoranvändare som närmast störningsfria. Den bevakningskamera som också sitter i rummet är naturligtvis helt inbyggd i plåt och har till och med skärmande metallnät framför objektivet.

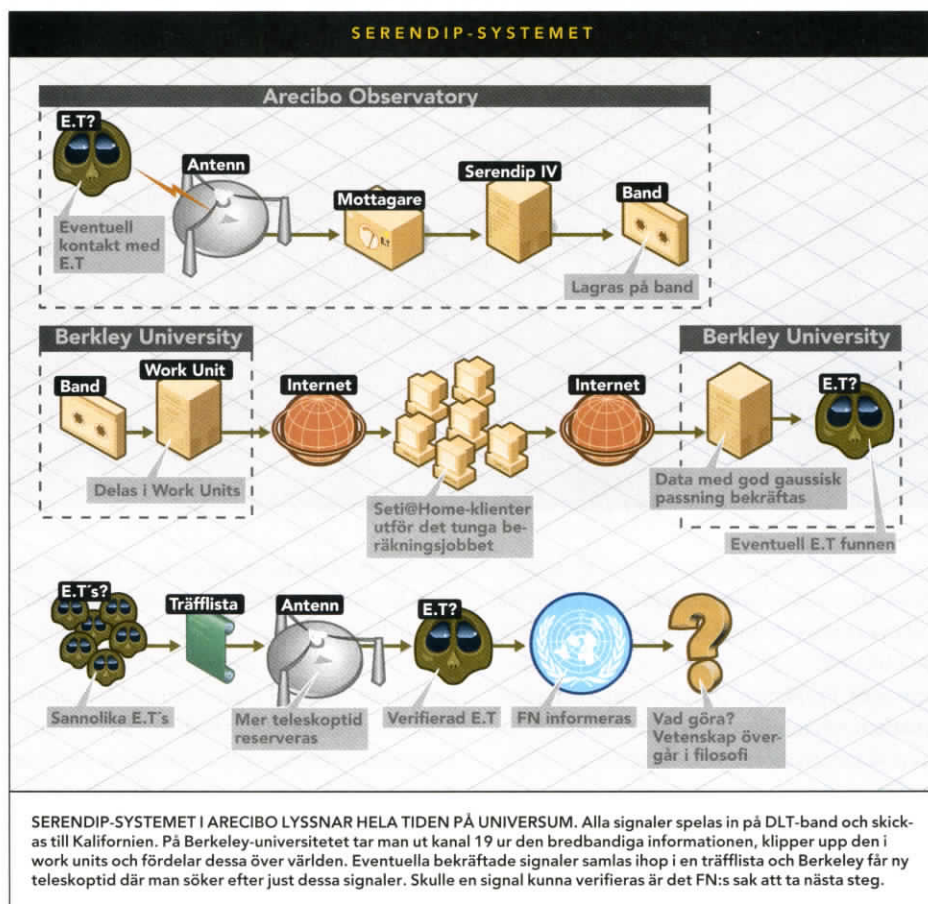
Men det är inte bara de egna instrumenten som stör. Det allra största problemet är befolkningen på ön, flyget och militären. Det säger sig kanske själv vad en flygradar på ett par megawatt kan göra med en mottagare som kan höra en walkie-talkie på Pluto?

När observatoriet byggdes på 30-talet var detta inga problem, men numera finns det mobiltelefoner, flygnavigering, satelliter, militär kommunikation, radiostationer, radioamatörer och privatradio, som alla hjälper till att göra livet surt för forskarna. Radioastronomerna har förhandlat sig till reserverade frekvensband, där man kan lyssna utan att störas, men tyvärr kommer det in övertoner från allsköns sändare även där.

### Försök till att förhandla bort brus

På andra intressanta frekvensband finns ingen exklusiv rätt, utan man får tåla de störningar som förekommer och förhandla med dem som stör om störningsfria tider.

Vid kritiska tidpunkter har man till exempel avtal med radarn på San Juans flygplats om radiotystnad när man vet att det är intressanta fenomen på gång. Men den frekvensansvarige tittade mest bara sorgset på mig och på bandplanerna, suckade uppgivet och sade: "Titta vad de ger oss. Och det här förväntar de sig att vi ska jobba med..."



Det sitter totalt 7 olika mottagare ute på plattformen, på 327, 430, 611, 1420, 2380 och 6000 megahertz.

Signalerna som tas emot blandas ner till mellanfrekvenser på 750, 260 och 30 megahertz, som skickas in till mellanfrekvensrummet på fiberoptiska kablar, dock inte som digitala data utan som en analog signal.

### Mellanfrekvensrummet filtrerar

Orsaken till att man blandar ned den mottagna signalen är att den ska vara lättare att ta hand om, förstärka och filtrera. Och det gör man i mellanfrekvensrummet.

Här finns det rackskåp med filter av olika typer och lokal-oscillatorer i mängder, så att forskarna ska kunna filtrera ut de frekvensband de är intresserade av, bli av med oönskat brus, kunna kalibrera utrustningen, leta efter störningar och så vidare. De imponerande rackskåpen förklarar vidare i faktarutan "Mellanfrekvens, någon?"

Dessutom inhyser rackskåpen även styrutrustning för radarsändaren som används vid experiment med interplanetarisk radar, en pulssändare på en megawatt. Överst i racken i punkt 8 kommer signalen till Seti-projektet ut. Slut på all exotisk radioteknik. Nu blir det vanlig signalbehandling.

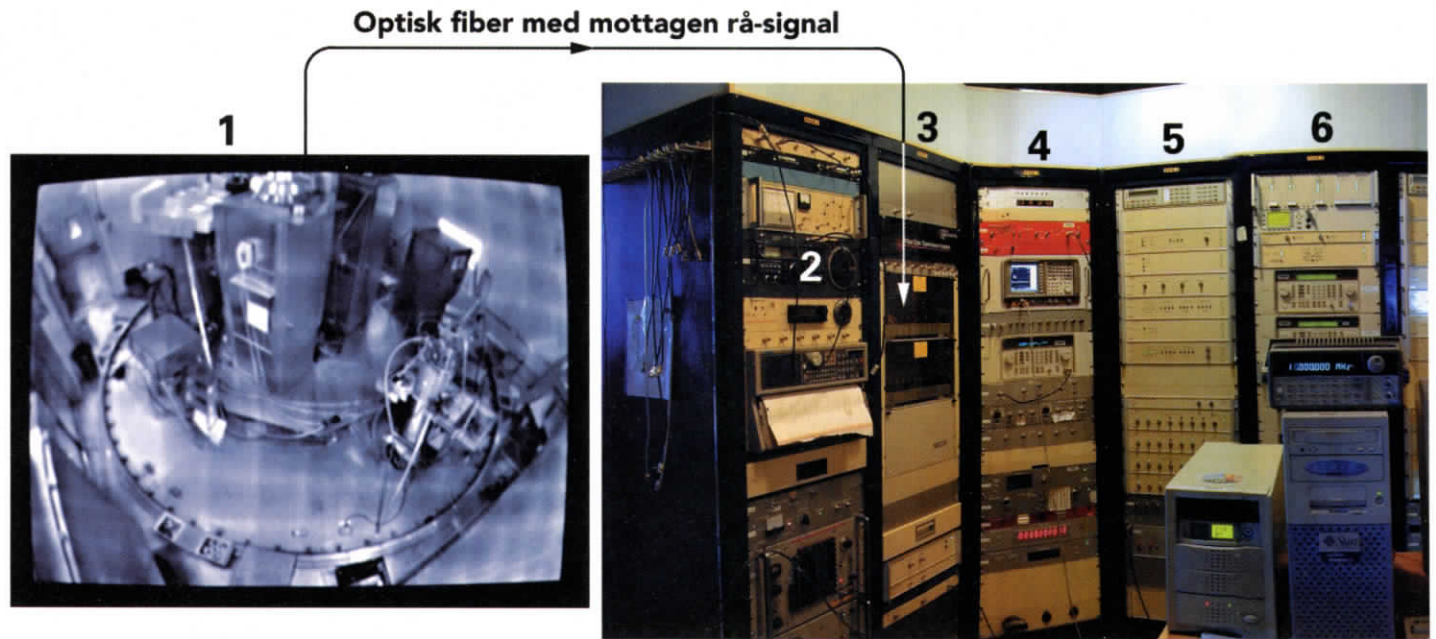
### Serendip IV - utrustningen i fokus



Serendip (Search for Extraterrestrial Radio Emissions from Nearby Developed Intelligent Populations. Ordet betyder också "En förmåga att ramla över lösningen på ett problem".) är namnet på utrustningen som tillhör Seti@Home-projektet. Signalen går in i SETI-projektets datorrack Serendip IV, klipps upp i olika frekvensband i en Fast Fourier-enhet, digitaliseras och sparas på DLT-band, med hastigheten av ungefär en post var fjortonde sekund.

Serendip IV kontrollerar hela frekvensområdet kring emissionstoppen för neutralt väte, universums "vanligaste" frekvens (1371 - 1471 megahertz med vätetoppen på 1421,5 megahertz) i 40 kanaler om 2,5 megahertz, men bara en enda av dem, kanal 19 på 1418,75 - 1421,25 megahertz djupanalyseras senare i Seti@Home-projektet. Det kan tyckas ynkligt, men beräkningsjobbet sysselsätter ändå flera hundra tusen datorer och förbrukar cirka 50 teraflop kapacitet.

Orsaken till att man valt 1371 - 1471 megahertz är att det motsvarar det dopplerskift som



## Mellanfrekvens, någon?

Filtrackarna i mellanfrekvensrummet (MF) är oerhört imponerande. Här har du alla detaljerna. Dra in tungan. Rackarna och den övriga utrustningen är numrerade från vänster till höger i bilden.

Rackarna är inte anslutna till varandra på något övergripande sätt, utan det är upp till varje forskare att själv dra de patchkabler han önskar, för att få avsedd förstärkning och filtrering, litegrann som en bygg-

sats. Antennen har sju mottagare, men bara en av de sex mottagarna i The Gregorian kan användas åt gången, så därför finns det bara ett MF-rack för det ändamålet.

Den linjära 430 megahertz-antennen kan dock användas hela tiden. Därför har den sin egen MF-elektronik (dessa utgörs av de röda rackarna).

**1. Mottagarna.** Övervaknings-TV:n i kontrollrummet var det närmaste jag kom

själva mottagarna. Det går inte att vistas där när observationerna pågår. Skarpögd som du är inser du att det inte är dessa mottagare som Seti@Home använder, men det är en representativ bild.

**2. Rack 1** för miljökontroll och störningsövervakning, vindhastighets- och vindriktningsmätare, standard amatörradiomottagare för övervakning av radioamatörerna på ön, mottagare för det lokala VHF-sambandet på observatoriet och en signalplotter att koppla in till valfri signal som man vill undersöka. Jag frågade om

inte radioamatörerna på kortvägen låg utanför mottagningsområdet och inte störde? Men jag hade fel. "Vi har problem med allt" blev svaret.

**3. Rack 2** med patchskåp för inkommande fibrer från de sju mottagarna och fibrer för återmatning av signaler ut till The Gregorian.

**4. Rack 3** med spektrumanalysator och realtidsklocka som visar lokala realtiden, matad från en MASER, med backup från en rubidiumoscillator.

**5. Rack 4** med MF-filter för kanal A, vän-

▶ röd- och blåförskjutningen producerar för neutralt väte inom vår egen galax, Vintergatan. Övriga galaxer har man fått lämna därhän tills vidare.

Här kan den näsvisse kasta in en fråga: "Om en signal skulle upptäckas, kan det ju gå flera veckor innan den faktiskt analyseras av någon Seti@Home-medlem och kanske ännu längre innan åtgärder kan vidas och man kan börja spana efter den?". Sanningen är att det kan ta ännu längre tid, eftersom många inspelningar från projektets tidiga år inte analyserats ännu. Man har dock resonerat som så att om utomjordingarna verkligen vill bli upptäckta är det inte frågan om en tiominutersaffär. De bör hålla på ett år åtminstone. För övrigt har vi



här på Jorden inte kapacitet att analysera inkomna data i realtid, så E.T. får vackert vänta.

En annan vanlig fråga är "Vi sänder ju inte själva på de här frekvenserna, våra TV- och radiosändningar sker på mycket lägre frekvensband. Varför skulle E.T. sända där?". Den frågan är formulerad av en icke-tekniker, för sanningen är att vi sänder massor av högenergetisk strålning just på dessa band, framför allt radar, i högsta grad smalbandiga och intelligenta signaler, till stort förtret för just radioastronomerna.

### Berkeley, Kalifornien

SETI-projektet producerar 35 gigabyte varje dygn, nästan obegripligt mycket data, som ska iväg till Kaliforni-

en för att delas upp i småbitar, work units, och skickas ut över världen. Arecibo har ingen höghastighetsförbindelse till Internet, så istället samlar man på sig ett tjugotal band och skickar dem med FedEx med flyg istället. Det kan tyckas som stenåldern, men en vis man sade en gång: "Underskatta aldrig bandbredden hos en lastbil full med magnetband".

På Berkeley-universitetet registreras allt data, den totala bandbredden på 2,5 megahertz delas i 256 kanaler om 9766 hertz, det vill säga väl inom det hörbara området. 107 sekunders data med 9766 hertz bandbredd packas ihop i ett paket och skickas ut till tre Seti@Home-klienter på Internet. Klienterna gör en mängd beräkningar och om en signal skulle stämma överens med kriterierna för att vara utomjor-

## Många klienter vill vara med

Seti@Home har stöd för en förfärlig massa operativsystem och maskintyper, och fler blir det.

Grafiska versioner med den kända vattenfall-displayen finns för Windows 95, 98 och NT, Macintosh, Mac OS X och en kom-

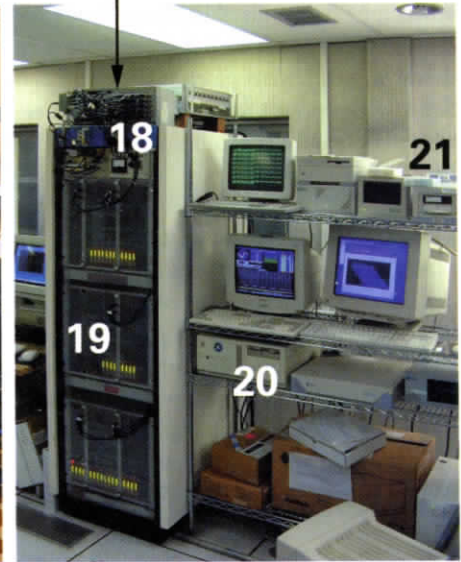
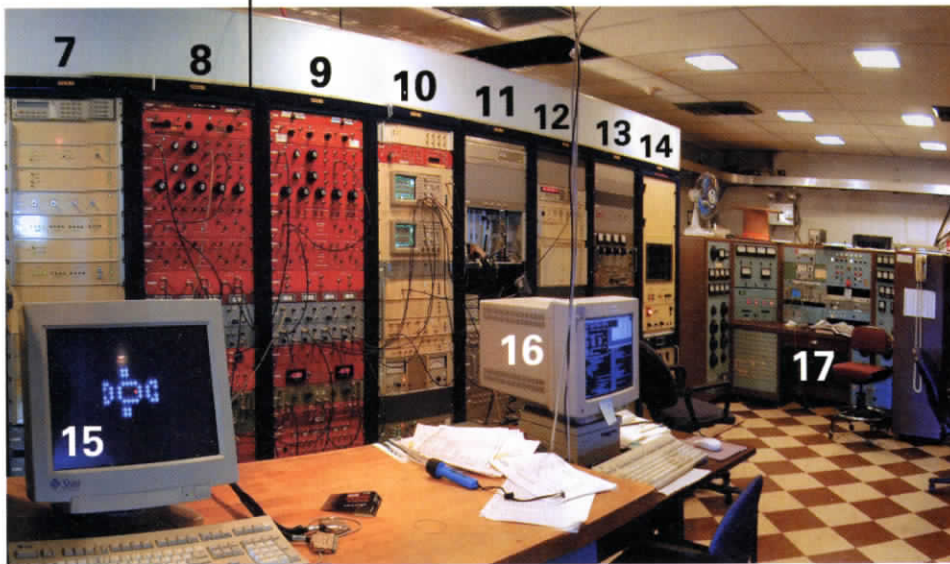
mandoradsversion med enbart textgränssnitt (betydligt effektivare) finns för Unix, Linux, Win NT, OS/2, BeOS, Mac OS X Server, OpenVMS med flera. Se [setiathome.ssl.berkeley.edu/download.html](http://setiathome.ssl.berkeley.edu/download.html).

Många, väldigt många, har frågat redaktionen om det inte kommer stöd för just deras maskintyp, för Linux-kluse processing över ter, för fler-CPU-maskiner, för remot-nätverk och så vidare. Det finns också de som svär ve och förbannelse över Seti@Home för att just

deras system inte har stöd, och anklagar Berkeley för att diskriminera och inte vilja låta just dem få skicka ut sina drivrutiner och få lite gratisreklam för just sitt system.

Det finns åtminstone ett par webbplatser som inte skrader orden, utan gladeligen kastar gytta

## Extraherad signal går vidare till Serendip IV-servern



sterveriden polarisation från alla mottagare i The Gregorian.

**6. Rack 5** med fibermottagare, som gör om den optiska signalen till elektrisk, effektmätare som mäter inkommande effekt, lokaloscillatorer och gränssnitt mot den interplanetariska radarn.

**7. Rack 6.** Samma som rack 4, men för högerviden polarisation, kallad kanal B.

**8. Rack 7** med MF-filtrer för kanal A, vänsterveriden polarisation från den linjära antennen på 430 megahertz i form av olika manuellt inställbara bandpassfilter och låg-

frekvensförstärkare för utsignalen.

Seti@Home använder sig av detta filterrack (allra överst).

**9. Rack 8.** Samma som rack 7, men för högerviden polarisation, kallad kanal B.

**10. Rack 9.** 430 megahertz radar- och mätack med 430 megahertz-radarstyrning och generella oscilloskop för undersökning av störningar.

**11. Rack 10.** 430 megahertz radar.

**12. Rack 11.** 430 megahertz radar, styrning och obrytbart kraftaggregat. 30 megahertz basbandsfilter med 256 kanaler.

Får sin signal från rack 8.

**13. Rack 12.** 260 megahertz basbandsfilter. Får sin signal från rack 6.

**14. Rack 13.** S-bandsradarsändare med bildskärm till den inbyggda PC:n och slutarkontroll. Det sitter metallslutare framför ingångarna till mottagarna, som måste stängas innan radarn pulsar. Annars brinner mottagarna.

**15. Arbetsstation** för radarstyrning.

**16. Dubblettstation** för underhåll av antennerna, samma som i kontrollrummet.

**17. Effekstyrkonsol** för 430 mega-

hertz-radarn. En retro-burk av äldre datum.

Så tar vi turen ut i datorhallen där MF-signalen först hamnar i:

**18. Förfilter och amplitudbegränsare.**

**19. SERENDIP-racken** som utför Fast Fourier Transform (FFT) och delar in signalen i 256 band i realtid.

**20. PC:n som kör övervakningsprogrammet** Serendip IV, som styr Serendip-racken.

**21. DLT-bandstation** där all filterradar och banduppdelad information till sist hamnar, för vidare befordran till Berkeley.

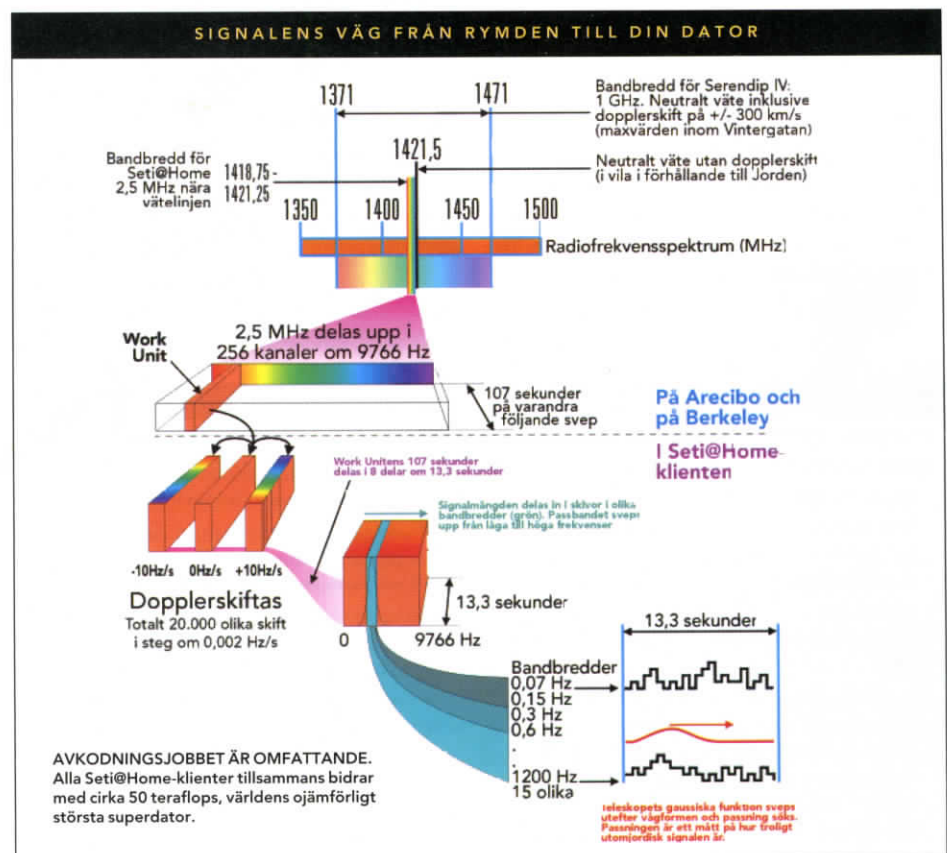
disk rapporteras det tillbaka till Berkeley. Medan signalen behandlas visas resultatet på skärmläckarens olika displayer.

För att vara säkra på att resultatet inte manipulerats får tre datorer räkna på samma work unit, och skulle något intressant framkomma gör Berkeley om samma beräkning igen.

### Det remarkabla Dopplerskiftet

Allting i universum har dopplerskift. Stjärnorna rör sig antingen emot oss och skiftas mot blått eller bort från oss och skiftas mot rött. Det har vetenskapen känt till länge. Man får anta att även E.T. på sin planet har ett dopplerskift i förhållande till oss. Men hur mycket, det vet man inte. Så för att kunna avgöra om den mottagna signalen är stabil på en

på Seti@Home och känner sig förorättade. Sanningen är nog den att Berkeley inte hade väntat sig detta enorma gensvar och helt enkelt inte har kapacitet att hålla fler bollar (klienter) i luften. Man kanske bad om 200 000 medhjälpare, men fick 2 miljoner istället. Det är inte lätt, helt enkelt.



frekvens måste man kompensera för dopplerskiftet och det är Seti@Home-klientens första arbetsuppgift. Dopplerskift räknas i hertz per sekund (se det som en frekvenspekare som driver utmed skalan på en mottagare) och Seti-klienten provar ivrigt att motkompensera med flera olika skift, allt från 0,002 till 10 hertz per sekund.

### På ständigt jakt efter Gaussians

Men hur silar man bort jordiska störningar och hur avgör man om det är en intelligent signal? Seti@Home använder sig av fenomenet att hela tiden låta antennen svepa över himlavalvet, och letar efter signaler som inte är konstanta. En konstant, fast signal måste med nödvändighet komma från jorden, eftersom sändaren inte rör sig och styrkan därför inte förändras.

Seti@Home-klientens nästa uppgift är därför att sila bort alla signaler med konstant amplitud. Men det kan ju finnas rörliga, jordiska signalkällor, som flygplan och satelliter. De måste också silas bort. Då utnyttjar man sig av det kända faktum att antennen sveper över himlavalvet med en viss hastighet och att dess känslighet ökar mot mitten av antennen enligt den så kallade klockkurvan, eller det som i skolboken heter "gausskurva".

Seti@Home-klienten söker efter så kallade "Gaussians", alltså signaler som ökar i amplitud enligt klockkurvan för att sedan avta med samma funktion, under en tid som det skulle ta antennen att svepa förbi denna punkt i universum. Flygplan och satelliter är alla mycket snabbare eller långsammare än så och även pulsade störningar utesluts i detta stadium. Faktum är att man trots detta funnit åtskilliga

hundra Gaussians, som dock fallit på grund av andra kriterier, som att de inte har upprepat.



## SÅ GÅR DU VIDARE

### WEBBPLATSER

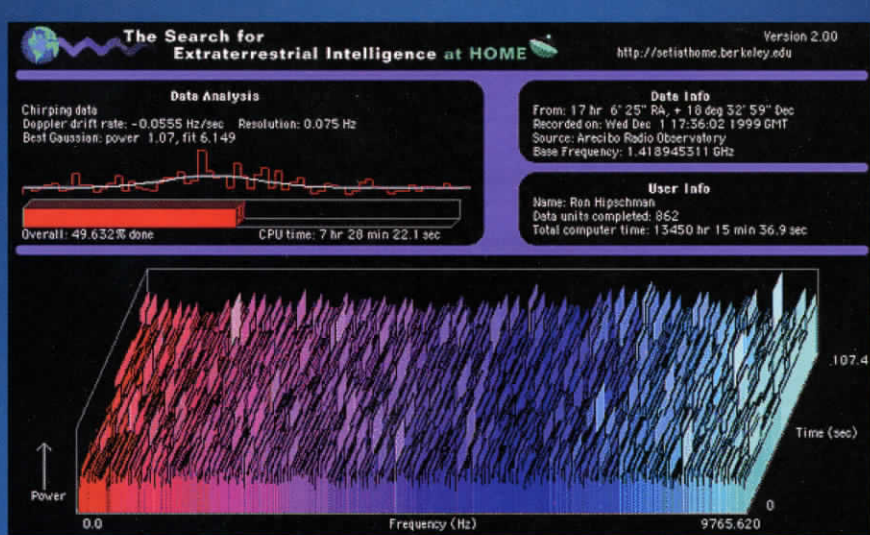
- Hur mycket undertecknad än ansträngde sig fick allt det intressanta materialet och de spektakulära bilderna inte plats i denna artikel. Mera bilder och panoramor, en diskussion kring Drakes formel som anger hur sannolikt det är med liv i universum och en definition på en intelligent signal finns på IDG:s webbplats på [nok.idg.se/extra/seti](http://nok.idg.se/extra/seti).
- Seti@Homes hemsida finns på [setiathome.ssl.berkeley.edu](http://setiathome.ssl.berkeley.edu) eller [www.setiathome.com](http://www.setiathome.com). Läs särskilt avsnitten "About Seti and Seti@Home", "What have we covered?" och "What have we found?" under rubriken Science, för en djupare förklaring av signalinsamling- och behandling än

vad som varit möjligt i denna korta artikel.

- Arecibo-observatoriets hemsida: <http://www.naic.edu/home.htm>
- Allt om själva Serendip-datorn, dess historik och föregångare, hittar du på [seti.ssl.berkeley.edu/serendip/serendip.html](http://seti.ssl.berkeley.edu/serendip/serendip.html)
- Om du vill höra hur Seti@Home-signalen låter så finns det ljudexempel på [setiathome.ssl.berkeley.edu/audio.html](http://setiathome.ssl.berkeley.edu/audio.html). Där kan du också höra hur en pulsar låter.
- SETI-institutet i USA, paraplyorganisation för flera projekt, däribland Seti@Home och Phoenix, återfinns på sidan <http://www.seti-inst.edu/>, där det också finns en länk till några korta filmer från Arecibo.

### LITTERATURHÄNVISNINGAR

- **The Astronomers** av D. Goldsmith (St. Martins Press, New York, 1991)
- **Cosmos** av Carl Sagan (översatt till Kosmos) (Random House, New York, 1990)
- **Pale Blue Dot** av Carl Sagan (Random House, New York, 1994)
- **The Invisible Universe Revealed: The Story of Radio Astronomy** av G. L. Vercshuur (Springer-Verlag, New York, 1987)
- **Frozen Star: Pulsars, Black Holes, and the Fate of Stars** av G. Greenstein (New American Library, New York, 1983)
- Prova också SF-romanen **Contact** av Carl Sagan.



## Så tolkar du skärmläckaren

När du nu känner till alla de bakomliggande processerna, är det inte svårt att förstå vad skärmläckaren visar. Det första fönstret, Data Analysis, visar de olika stegen i signalbehandlingen och hur långt processen hunnit. När det står "Computing Fast Fourier Transform" (FFT) är det just det som sker: Den (digitaliserade) analoga insignalen hackas upp i olika diskreta frekvenser. Processen görs om för alla olika bandbredder och dopplerskift, vilka nämns vid "Doppler Drift Rate" och "Resolution". När det är klart kan passningen mot den ideala gaussiska kurvan börja. Då ser rutan ut som i bilden ovan. Du ser hur indata (den röda digitaliserade kurvan) passas mot gausskurvan (mjuk vit). Det går fort i början när bandbredden är smal, 0,02 hertz, men betydligt långsammare mot slutet när bandbredden är större. Passningen sker ba-

ra vid bandbredder mindre än 0,59 hertz. Vid högre bandbredder inskränker man sig till att leta efter pulser.

Längst ner finns en termometer som visar hur långt du hunnit på detta arbetspass. Skulle en pulsad signal upptäckas, sker även analys av pulsfrekvensen. Observera parametern "Best Gaussian Fit" som visar hur väl signalen stämmer överens med gausskurvan. Ett värde på 6 och där över är fantastiskt, 3 är halvbärande och allt därunder är oväsentligt.

I fönstret Data Info visas information om denna work unit, var någonstans på himlavalvet den kommer ifrån, när den spelades in, att det är Arecibo som gjort inspelningen och vilken grundfrekvens ditt 9766 hertz breda band har. I detta fall 1,4189 gigahertz, alltså någonstans alldeles i början av bandet 1418,75 - 1421,25 megahertz.

I fönstret User Info visas huvudsakligen information om dig själv och hur länge datorn arbetat med Seti@Home.

Fönstret längst ned visar en waterfall-graf med de FFT-data som beräknats, alltså inte några resultat av den gaussiska passningen. FFT-algoritmen börjar vid 0,0 hertz (plus bandbredden) och analyserar de 107 sekunderna. Det ger som resultat den första raden staplar i Y-led (Time). Därefter börjar den om ett bandbreddssteg högre och gör om de 107 sekunderna. När den hunnit till 9766 hertz är FFT av denna work unit klar. Färgerna i grafen betyder inget alls och skulle du se en topp i detta diagram är det mer sannolikt att det är en jordisk störning än en utomjordisk signal, som med all sannolikhet är dold i bruset och inte märks förrän efter gaussisk analys, se parametern "Best Gaussian Fit".



Klientens tredje arbetsuppgift är att hitta pulssade sändningar, som anses mer "intelligenta" än konstanta bärvågor. Sökningen efter olika pulsfrekvenser sker allra sist, efter att man eventuellt hittat en lämplig gaussian.

Hittills har man dock inte funnit någonting. Projektet har snart pågått under de planerade två åren och man har svept av i stort sett all den rymd som Arecibo kan söka igenom. Ett hundratal gaussians har hittats, men ingen har tyvärr klarat en närmare undersökning.

### Om det otroliga skulle hända

Antag att det oerhörda skulle inträffa, att vi hittade en intelligent signal som passerade nålsögat, kunde spåras och innehöll ett intelligent meddelande. Vad skulle hända? Vad forskarna skulle göra är redan klarlagt i en FN-deklaration (Se "Så går du vidare"), men hur skulle mänskligheten påverkas?

Att svara eller inte svara är en filosofisk fråga, men vi kan vara ganska säkra på att de som en gång sände ut meddelandet som vi hört inte lever när de får vårt svar. Ljusets hastighet är en tragisk gräns som vi människor trots vår högteknologi inte kan överskrida. Det betyder också att eventuella utomjordingar på ett par hundra ljusårs avstånd kan få vänta väldigt många hundra år på att få ett svar. Kanske är hundra år alldeles för länge för att det ska vara intressant, kanske är hundra år som ett ögonblick för dem? Man kan ju fråga sig om det här med radiokommunikation egentligen är så meningsfullt, med de enorma avstånd det rör sig om i rymden.



I FOKUS. Stjärnhopen Messier 13 ligger i stjärnbilden Herkules, är cirka 150 ljusår i diameter och innehåller ungefär 300 000 stjärnor, alltså en liten granne till Vintergatan.

### Fortsättning följer... eller?

Seti@Home-projektet avsågs att ha en löptid på två år och bör alltså snart vara avslutat, utan att några spår av utomjordisk intelligens upptäckts inom bandbredden 2,5 megahertz. Inte ens Serendip IV med sin större 100 megahertz bandbredd, eller projekt Phoenix med en hel gigahertz bandbredd har hittills kunnat inrapportera några gröna män. Om E.T. finns håller han sig väl dold, eller är i varje fall inte särskilt pratsam. Eller också har vi lyssnat på fel ställe, med fel bandbredd eller på fel tid. Men var lugn, människans sökande efter andra varelser i universum kommer att fortsätta... □

Jörgen Stådje är data- och nätverksexpert och driver företaget Qomputor Education Data-system. Han nås enklast på jorgen@qedata.se

# Sagans meddelande till stjärnorna

Sanningen är att vi redan medvetet och omedvetet har skickat meddelanden till universum, på flera sätt.

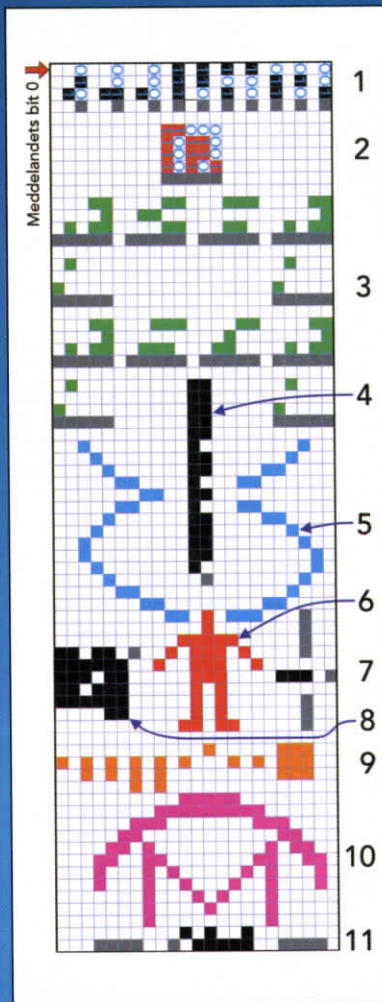
Den stjärna som ligger närmast Jorden heter Proxima Centauri och den ligger på bara 4 ljusårs avstånd. De eventuella civilisationer som finns där har redan fått ta del av våra radio-, TV- och radarsändningar ganska länge nu. De stackarna på planeterna runt Proxima har redan sett Lennart Hyland, våra såpoperor och ishockeyturneringar i många år. Det är kanske därför de har bestämt sig för att hålla tyst...

Dr. Carl Sagan, en lysande astronom, en stor pedagog och en man som förde ut astronomin till massorna, och som beklagligtvis dog i cancer 1996, födde idén med att använda Arecibo till att medvetet sända ett meddelande till en stjärnhop kallad Messier 13 och lämna översiktlig information om mänskligheten helt och hållet avsedd för en civilisation som ville kontakta oss. Man valde M13 helt enkelt för att den passerade bekvämt över teleskopet och hade en storlek som råkade passa teleskopets stråle. Avståndet till M13 är 22 200 ljusår, så något svar lär vi inte få höra än på en sisådär 44 400 år.

### KRYPTISKT MEDDELANDE ÄNNU PÅ VÄG

Meddelandet sändes den 16 november 1974 och bestod av 1 679 bitar (bilden var 73x23 bildpunkter, två primtal), ettor och nollor som, korrekt sammansatta gav data om och enkla bilder av människan, Arecibo-teleskopet och så vidare. Det var ett kort meddelande, 169 sekunder, på frekvensen 2,38 gigahertz (12,6 cm våglängd), för att Arecibos S-bandradar råkar sända just på den frekvensen. Man antar att en främmande civilisation inte har några problem att uppfatta det, eftersom det "lyser" miljarder gånger starkare än solen.

Voyager-farkosterna skickades upp 1977, gjorde en grand tour i hela vårt solsystem och gav oss en oerhörd mängd ny information om våra egna planeter, information som vi ännu inte hunnit tolka färdigt. Båda Voyagerfarkoster-



na, som för länge sedan har lämnat vårt solsystem, hade också med sig ett meddelande i form av en analog grammofonskiva i metall med alla jordens språk, musik, jordiska ljud, och bilder av människan och hennes omgivning och universella angivelser av jordens plats i Vintergatan. Carl Sagan var också ytterst ansvarig för detta meddelande till fjärran civilisationer. Voyager-farkosterna fortsätter att leverera data än idag, 23 år efter uppskjutningen.

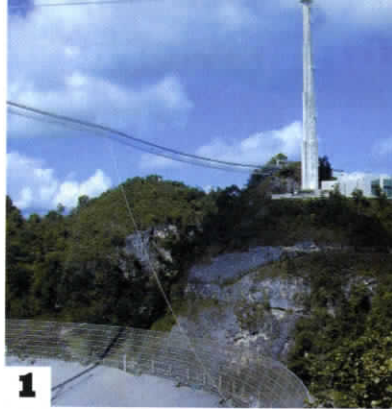
### JAHA, MEN VAD STÅR DET EGENTLIGEN?

Om E.T. ser vårt meddelande är det så här det ska tolkas: Alla de färgade rutorna är ettor och de ofärgade (vita) nollor. Färgerna har satts dit bara för att göra meddelandet tydligare. Alla grå rutor är binära ettor som fungerar

som markörer för bit noll eller mått Pilar och är inte del av själva meddelandet. De ska visa för E.T. var saker och ting börjar. Meddelandet inleds med en kurs i det binära talsystemet och läses från höger till vänster.

1. Vi börjar med att lära E.T. räkna binärt: 001, 010, 011, 100, 101, 110 ... 1010.
2. Atomnumren för de fem grundämnen som förekommer i DNA: 1: väte, 6: kol, 7: kväve, 8: syre, 15: fosfor.
3. Formler för socker och de olika baserna i DNA-molekylens baspar.
4. Antalet baspar i DNA-molekylen.
5. En representation av DNA-molekylens dubbelspiral.
6. En människa.
7. Människans längd i våglängder: 14 x 12,6 cm = 176 cm
8. Antalet människor på Jorden: 4 292 853 750 (år 1974)
9. Planeterna i solsystemet och Solen till höger, med relativa storlekar. Jorden förflyttad mot människan.
10. Schematisk bild av Areciboteleskopet.
11. Teleskopets diameter i våglängder: 2430 x 12,6 cm = 306,2 meter  
Meddelandet börjar alltså:  
00000000101010100 0000...  
To be continued...





1



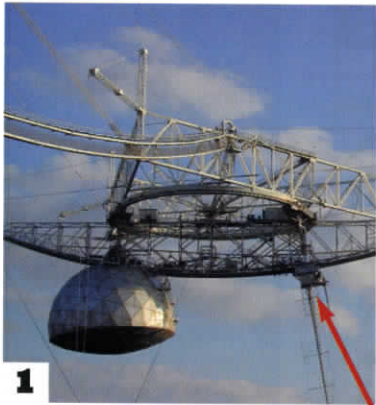
2



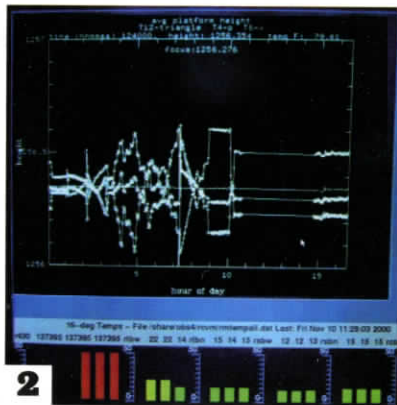
3

## ANTENN

1. Från helikopterplattformen har man en underbar utsikt över antennen och det kringliggande landskapet. Bryggan (catwalken), avsedd för servicepersonalen och fiberoptiska ledare över till besökscentrumet för turister.
2. Förstår du hur stor antennskålen är, när en jeep utan vidare får plats inunder? 305 meter i diameter.
3. Runt antennskålen går en skärmkant, för att hindra lokala störningar, brus med mera att ta sig in i mottagarna.



1



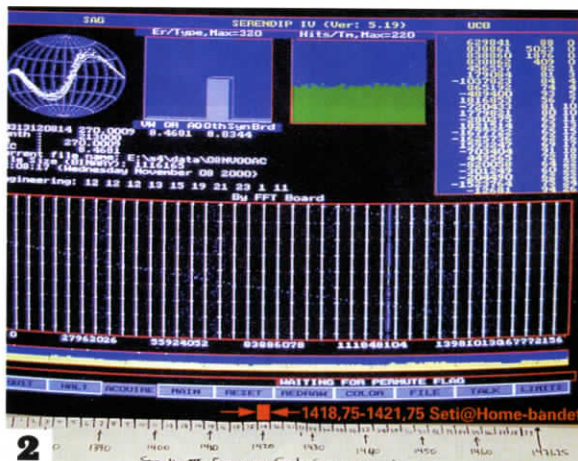
3

## PLATTFORM

1. Plattformen, en 900 tons 5-våningskonstruktion, med det runda 3-våningars Gregorianhuset med mikrovågsmottagarna. Den långa pinnen är 430 MHz-antennen och brevid den Seti-antennen (pilen).
2. De tre kurvorna är höjden för plattformens tre hörn, det vill säga antennens fokus. Fullt utslag är 30 cm. Den håller alltså f.n. still på en centimeter när.
3. Antennen kan scannas med stor noggrannhet över himlen. Objekt som passerar mitt över kan hållas i fokus i 2 timmar.



1



3

## SERENDIP IV

1. Serendip datorn (närmast) är bara ett av många experiment som pågår i Arecibo. I raskskåpet sitter FFT-analysatorer. Bildskärmarna tillhör de PC som gör en förkategorisering av data och tidsstämplar dem.
2. Utefter nederkanten på skärmen ser du de 40 2,5 MHz-kanalerna och diagrammet visar att en del signaler hörts. Den röda rutan visar kanal 19, som går vidare till Seti@Home.
3. Data spelas kontinuerligt in på DAT-band, som räcker ungefär 14 timmar och när man samlat på sig ungefär 20 band...
4. ...kommer FedEx och hämtar dem till Kalfornien.



4



1



2



3

## BLANDAT

1. Spanjorer är ett bullrigt folk. Här hälsar observatoriet besökare välkomna, men vill att de talar tyst och inte springer!
2. Rey Velez är Arecibos ansvarige för Serendip. På bilden är det frågan om walkie-talkien på Pluto som avhandlas.
3. Å Jodie å ja' å Jodie å ja'. I filmen "Contact" är Jodie Foster en Seti-forskare som till sist får kontakt. Hon delade stol i Kontrollrummet med underteknad. En annan som också varit här är James Bond i filmen Golden Eye. Han sprängde antennen, men det enda som egentligen hände var att filmfolket gjorde hjulspår i gräsmattorna.

## MUSEUM

1. En avancerad utställning om radioastronomi och rymdens fysik i allmänhet, på högre nivå än svenska museum, där allt ska vara på bebisnivå.
2. Mikrovågsmix. I ett avancerat experiment får besökaren försöka studsas och dämpa mikrovågor. Man kan också göra dopplerexperiment och försöka förstå rymdens oändlighet, den kosmiska bakgrundsstrålningen och Big Bang, med mycket bra instruktionsfilmer.
3. För upptäckten av binära pulsarer fick Joseph Taylor och Fredric Hulse 1993 nobelpriset i fysik.



1



2



3