

## Solenergi från rymden

**SpaceXs massiva och återanvändbara Starship-raket, tillsammans med framsteg inom robotmontering av rymdfarkoster kan realisera sci-fi-drömmen om rymdfarkoster som samlar all solenergi mänskligheten någonsin kommer att behöva och strålar ner den till jorden i form av mikrovågor för omvandling till obegränsad koldioxidfri el.**

[Harvesting sunlight in space](#)  
[ESA - SOLARIS - European Space Agency](#)  
[Aerospace Technology](#)

Isaac Asimov var den förste som introducerade rymdsolkraft i sin novell från 1941, "Reason". Berättelsen följde en seriös robot på Solar Station # 5, en solenergisamlande rymdfarkost, som skickade energi i en tätt fokuserad het energistråle till en antenn på jorden. Roboten tar kontrollen från stationens mänskliga operatörer, som fruktar att hela städer kan stekas.

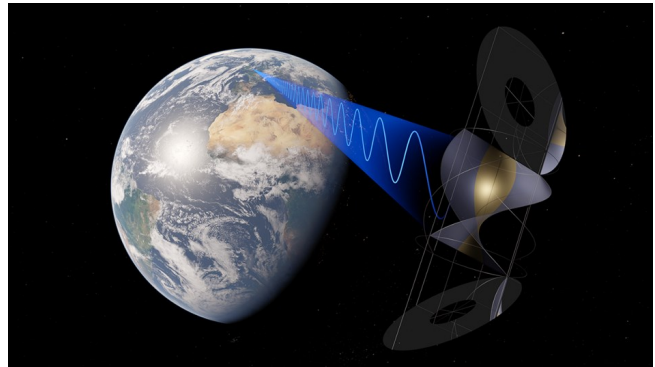
Asimovs fiktion inspirerade Peter Glaser från Arthur D. Little engineering consultancy i Massachusetts att skriva en artikel 1968 för tidskriften Science. Han fann att rymdsolkraft verkligen var genomförbar i princip, men inte med tekniken i det som då var den sena Apollo-eran. Varför? En enda satellit med en 6 kilometer bred solfångare, som matar kraft via motståndsfria supraleddare till en 2 kilometer bred mikrovågssändare av tungmetall skulle väga 81500 ton. Kostnaden för att lansera de nödvändiga komponenterna ombord på rymdfärjan 1981 skulle ha varit 85 000 dollar per kilo, vilket motsvarar nästan 7000 miljarder dollar för en enda satellit.

På 1970- och 1980-talet återkom det amerikanska energidepartementet och NASA till frågan men övergav den snabbt på grund av fortsatt teknisk omogenhet. Men på 1990-talet undersöktes idén igen av NASA, som lät John Mankins, en av sina ledande konceptingenjörer, ta en ny titt på genomförbarheten. I en rapport från 1997 drog han slutsatsen att idén faktiskt framstod som en seriös kandidat för kraftproduktion.

År 2011, efter att Mankins hade lämnat NASA och etablerat sin egen konsultverksamhet, fick han återigen ett uppdrag av NASA Institute of Advanced Concepts, den här gången för att fastställa den tekniska och ekonomiska lönsamheten för ett format som han hade kommit fram till för en rymdsolkraftsatellit. Kallat SPS Alpha, förkortning för Solar Power Satellite, har den mycket modulära designen blivit legendarisk i rymdens solenergikretsar och Mankins uppdaterar den regelbundet när tekniken förändras. Förutom rådgivning om amerikanska projekt har Mankins också konsulterats av ESA, EU, Storbritannien och det australiensiska projektet med Space Solar Technologies, där han nu är partner.

Den centrala idén med SPS Alpha är att om man kan göra riktigt stora strukturer av modulära bitar som kan massproduceras, kan kostnaden för det stora systemet bli mycket lägre. Dessa modulära bitar skulle inkludera solpanelerna, mikrovågsförstärkarna, de fasade antennmodulerna, reflektorerna och motorerna som vinklar reflektorerna mot solen och även fackverksstrukturerna som håller ihop alltihop. Detta "hypermodulära" tillvägagångssätt, som Mankins kallar det, skulle göra det möjligt att bygga en satellit i omloppsbana av autonoma robotar.

Det är här Space-X Starship kommer in, med sin Super Heavy booster och rymdskeppet Starship. Med en annonserad nyttolast på 150 000 kg till låg jordbana i återanvändbart läge och 250 000 kg i förbrukningsläge, kan det vara precis vad rymdsolkraftförespråkare har väntat på.



Vad som är kritiskt med en solenergisatellit är att reflektorn som riktar solljuset mot solfångaruppsättningen alltid vetter mot solen, medan den sändande antennen alltid står mot sin antenn - eller rektenna - på jorden.

SPS Alphas två nyckelelement skulle fästas i varje ände av ett 5 kilometer långt fackverk. Vid den jordvända änden skulle sitta ett lager av antenner med en diameter på 1,7 km vända mot marken för att skicka mikrovågsstrålen mot jorden, medan en solpaneluppsättning inklämd omedelbart ovanpå antennerna suger upp solljus riktat mot dem av den enorma enheten i andra änden av fackverket, ett 3 km brett konformat hölje som innehåller tusentals styrbara reflektorer, kända som heliostater.

En motor justerar oberoende positionen för varje heliostat för att säkerställa att solskenet alltid träffar på solpanelerna och den konformade uppsättningen säkerställer också att solflödet blir två till tre gånger högre än att peka solpanelerna mot solen utan hjälp. Att ha tusentals heliostater ger också motståndskraft mot rymdskräp och mikrometeoritaskador.

Två enklare koncept för att skörda solljus och omvandla det till mikrovågor har redan nått låg jordbana de senaste åren. US Naval Research Laboratorys pizzakartongstora Photovoltaic Radio Frequency Antenna Module, PRAM, flög i 30 månader ombord på ett X-37B rymdplan. Den hade ett lager solceller ovanpå ett lager av billig radiofrekvenselectronik för att omvandla likström till mikrovågssignaler. Inga mikrovågor sändes dock till jorden av rädsla för att stora X-37: s system eller andra experiment som den bar, så elektroniken matade radioenergi till en inbyggd dummyantenn, där den mättes.

En stor fråga var hur dessa komponenter skulle hålla för att upprepade gånger korsa från det heta solljuset tillbaka till kylan i jordens skugga, men det gick bra under X-37B: s två och ett halvt års uppdrag. Avsikten var att undersöka genomförbarheten av mindre rymdsolsystem, som strålar kraft till militära baser och katastrofzoner.

Solenergi har nyligen för första gången samlats in av en satellit i omloppsbana och har framgångsrikt överförts ner till jordens yta och till närliggande mottagare i rymden. Den trådlösa kraftöverföringen demonstrerades av Microwave Array for Power-transfer Low-orbit Experiment (MAPLE), ett experiment, som lanserades i januari 2023 av Space X som en del av California Institute of Technology's Space Solar Power Project (SSPP).

Man avser att testa 32 typer av solceller för deras lämplighet för användning på ett membran, medan en flexibel mikrovågs-sändaruppsättning kommer att försöka med fokuserad överföring till två mottagarmål.

Caltech föreställer sig i framtiden ultralätta, fritt flygande, platta strukturer som kan flygas i stort antal, istället för ett enda, massivt, kretsande kraftverk. Dessa strukturer skulle bestå av 60 x 60 meter ultratunna, flexibla kompositmembran som distribueras i omloppsbana med solceller på ena sidan, mikrovågs-elektronik inuti och en undersida pepprad med mikrovågssändande antenner.

USA är inte ensamma om kraftstrålningsexperiment i rymden. Kina och Japan har haft liknande program i årtionden och i Australien undersöker ett företag som heter Solar Space Technologies rymdsolenergimöjligheter där.

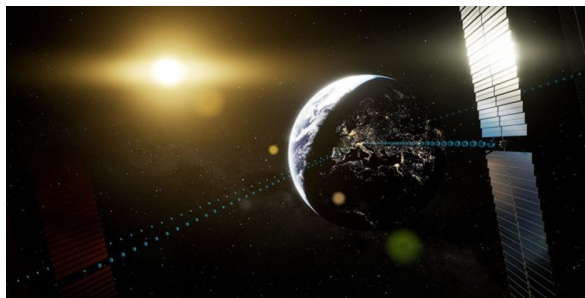
Storbritannien har etablerat Space Energy Initiative SEI för att driva rymdsolkraft som ett sätt att komma till netto-noll koldioxidutsläpp år 2050. SEI har redan cirka 75 medlemmar - främst akademiska, rymd- och energiföretag, inklusive Imperial College London, Airbus Defence and Space och Storbritanniens National Grid. Planen är att år 2030 lansera en 6-megawatt demonstratorsatellit som kan stråla kraft till en markstation, följt av lanseringen och idrifttagningen av den första 2-gigawatt solenergisatelliten år 2035. Utöver det planerar den brittiska regeringens avdelning för energisäkerhet också stora investeringar i rymdsolenergi internationellt och är för närvarande i samtal med Saudiarabien om att investera i projektet.

Storbritanniens rymdenergiinitiativ driver också projektet CAS-SIOPeIA, förkortning för Constant Aperture Solid-State Integrated Orbital Phased Array. Det skulle ha en massa av 2000 ton per satellit mot SPS Alphas 7500 genom ett annat sätt att reflektera ljus på solcellerna och att orientera sig i omloppsbana.

Europeiska rymdorganisationen (ESA) har tecknat kontrakt för två parallella studier av rymdbaserade solkraftverk inom dess nya Solaris-initiativ. Kontrakten, som kommer att slutföras före utgången av 2023, leds av Arthur D Little och Thales Alenia Space Italia. Dessa projekt kommer att vägleda omfattningen av specifika FoU-aktiviteter som kan komma att följa.

I samarbete med den europeiska industrin kommer man under de kommande två och ett halvt åren att genomföra studier och teknisk utveckling för att bedöma fördelarna, utbyggnadsalternativen, de kommersiella möjligheterna och riskerna med rymdbaserad solenergi som kan bidra till utfasningen av fossila bränslen i Europa.

Solarisresultaten bör göra det möjligt för Europa att fatta ett välgrundat beslut före utgången av 2025 om att fortsätta med ett fullständigt utvecklingsprogram för rymdbaserad solenergi i kommersiell skala, med början med en demonstrator i omloppsbana för att överföra kraft från rymden till jorden.



I framtiden skulle alltså enorma satelliter, obundna av jordens dag-nattcykel och ogynnsamma väder, suga upp massiva mängder solljus med solpaneler. Den genererade elektriciteten skulle sedan omvandlas till mikrovågor, vars våglängder skulle skära genom fukt i atmosfären, för att nå gigantiska kollektorantennuppsättningar på marken. Där skulle mikrovågorna omedelbart omvandlas till el för att leverera gigawatt till våra nät. Det kräver förmågan att tillverka komponenter i stort antal på jorden och montera dem i rymden och en enorm nyttolastlyftkapacitet för att leverera dem till de höga banorna där de kommer att suga upp solsken.

Man talar om en konstellation av soluppsamlade satelliter i kilometerskala, var och en med en massa på tusentals ton, som skulle skjutas upp bit för bit och robotmonteras i omloppsbana. Varje satellit skördar solenergi på solceller i geostationära, geosynkrona eller mycket elliptiska banor, där solsken kan fångas upp 99% av tiden.

Elektronik på varje satellit skulle omvandla den solgenererade elektriciteten till en bred mikrovågsstråle, som styrs av en pilotstråle från marken, till en fast punkt på jorden av satellitens fasade antenn. För säkerhets skull måste strålens effekttäthet vid marknivå vara mindre än 250 watt per kvadratmeter, en fjärdedel av solens intensitet när den är som starkast på en molnfri himmel vid middagstid vid ekvatorn. Det kräver en cirka 5 kilometer diameter antennuppsättning på jorden, som skulle omvandla den mottagna alternerande elektromagnetiska mikrovågsenergistrålen till en likström, vilket ger gigawatt elektricitet.

Ett sådant system skulle kunna utrota intermittensen hos dagens markbundna förnybara energikällor. Solparker fungerar inte på natten eller när det är mulet, och vindkraftverk kan bli oväntat stillastående, ibland i veckor. Och än viktigare, genom att arbeta långt utanför jordens atmosfär och i nästan evigt solsken, kan mottagningsstationerna på ett tillförlitligt sätt leverera vad energibranschen kallar "basbelastning", den grundläggande nivån av pålitlig, minsta effekt som ett elnät kunder kräver. Framtidens energisystem kan bli en blandning av vindkraftverk, markbundna solpaneler och deras samlare i rymden som tillsammans eliminerar behovet av olje-, gas- och koleldade kraftverk.