



# Avaruusluotain

vol 42

1/2007

# Rymdsonden



*Poraudu syvemmälle avaruuteen!*

*Avaruusporan kehitystä  
Karhukameran miljoona kuvaa  
Aurinkopurjeen lankamateriaalit  
Observatoriokierros aurinkorannikolla  
Matalalle tähtäävä rakettikisa*

2-m depth

## Pääkirjoitus: Projektivuosisikatsaus

Tämän lehden myötä alkaa toinen vuoteni Avaruusluotaimen päätoimittajana. Samoihin aikoihin aloittamani toinen projekti, Opas Eevin kasvatusta, on todettu huippuonnistuneeksi! Tyttö on läpäissyt vaativat testit ja siten selvittänyt tiensä valiojoukkoihin valmistavaan koulutukseen koirien yliopistoon, Opaskoirakoululle. Eevi kuitenkin jatkaa toimituksen avustamista aina lomillaan, kuten juuri nyt.

Lehden uudistus jatkuu kiivaana. Viime numerossa oli CD-levy ja nyt 50% lisää värisivuja. Näistä uudistuksista kiitos kuuluu Wihurin rahastolle, joka myönsi huomattavan apurahan Avaruusluotaimen kehittämiseen. Tämä Avaruusluotainprojektikin etenee siis vauhdilla. Kiitos Wihuri!

Tässä numerossa jatkamme sähköpurjeprojektin seuraamista sekä kurkistamme Karhukameran kuva-arkistoon. Poraudumme myös Marsin pinnan alle sekä tarjoamme jatkokertomuksessa jättiharppauksen Kuumatkalaisille; loistava tilaisuus prepata virkamiesruotsia! Viimeisillä sivuilla voimme myös lukea varsin eriskummallisesta rakettikilpailusta. Takakannessa on jäsenmaksun maksamisohjeet. Maksamalla varmistat Avaruusluotaimen laukaisun jatkossakin!



*Sini Merikallio ja opiskelija- Eevi*

## Sisältö

- 4 Puheenjohtajalta
- 4 Kevätkokouskutsu 24.4.2007
- 5 Hyppyportti
- 6 Sähköinen aurinkotuulipurje
- 8 Avaruuspora
- 15 Rakettitapahtumia
- 16 Miljoona kuvaa Porista
- 18 Aurinkorannikon observatoriokierros
- 19 Aikahyppy aamutossuilla
- 19 Svenskt Résumé
- 20 Skott mot Månen, del III
- 26 Rakettikisaraportti

Kannen kuvassa Exomars laskeutuja Marsin pinnalla poraamassa näytteitä useiden metrien syvyydestä. © ESA. Lisää avaruusporasta s. 8-14!

Takakannen taustakuva ja viereisen sivun kuvat ovat Karhukameran (s.18 - 19) otoksia.

Suomen avaruustutkimusseura ry – Sällskapet för astronautisk forskning i Finland rf on 1959 perustettu yhdistys, jonka tarkoituksena on harjoittaa avaruusalan kokeilu-, harrastus-, tutkimus- ja tiedotustoimintaa sekä toimia avaruustutkimuksesta kiinnostuneiden henkilöiden yhdyssiteenä. Seura on Suomen äänivaltainen edustaja Kansainvälisessä astronautiikkaliitossa (IAF; International Astronautical Federation). Suomen avaruustutkimusseura julkaisee Avaruusluotain-lehteä ja ylläpitää kirjastoa, josta voi lainata alan kirjallisuutta, kuva- ja videomateriaalia. Seura järjestää avaruusaiheisia näyttelyitä ja tapahtumia sekä ylläpitää aihepiiriin liittyvää harrastustoimintaa. Työ- ja kerhotila on osoitteessa Kauppalantie 6-8, 00320 HELSINKI (puh/vastaaja 09-5874433).

Vuoden 2007 jäsenmaksut (sisältää Avaruusluotain-lehden) ovat:

Varsinaiset jäsenet 17 EUR, Juniorijäsenet (alle 15 v.) 6 EUR, Nuoriso-/opiskelijajäsenet 8 EUR, Järjestö-/Yritysjäsenet 170 EUR

Päätoimittaja: Sini Merikallio – Toimituksen osoite: c/o Ilmatieteen laitos / AVA, PL 503, 00101 HELSINKI

Puhelin: (09) 19294694 Fax: (09) 19294603 – Sähköposti: Avaruusluotain@sats-saff.fi

ISSN: 0356-021X – Ilmestymistaajuus: neljä kertaa vuodessa – Vuosikerran tilaushinta: 22 € – Ilmoitushinnat: tiedustele päätoimittajalta

Julkaisija: Suomen avaruustutkimusseura – Sällskapet för astronautisk forskning i Finland – Finnish Astronautical Society,

<http://www.sats-saff.fi/>. Pankkiyhteys: Nordea 218518-129232

Vuoden 2007 lehtien aineistopäivät ovat 10.5, 10.8 ja 10.11

Nimellä tai nimimerkillä kirjoitetuissa artikkeleissa esitetyt mielipiteet ovat kirjoittajien henkilökohtaisia käsityksiä, eivätkä välttämättä vastaa seuran tai lehden virallista kantaa.

# Sähköpurjeen kuulumisia

Viime numerossa olleen sähköpurjeutisen jälkeen on aiheen tiimoilla tapahtunut melko paljon. Elektronitykin suunnittelu on edennyt ja näyttää ainakin massa-arvojen puolesta hyvältä. Kuten tällä aukeamalla kerrotaan, lankamateriaalien selvitystyössä on löydetty firma, joka pystyy toimittamaan tarvittavan ohutta ja yllättävän vahvaa metallilankaa. Työn on tarkoitus jatkaa lankaliitosten tutkimuksella: hitsausta tai juottamista joko laserilla tai ultraäänellä, ja sen olisi lopulta tapahduttava automaattisesti ja nopeasti, koska täysikokoisessa sähköpurjeessa on lankaliitoksia

jopa yli 100 miljoonaa. Sähköpurjeen "lentosimulaattorin" ohjelmointityö on alkamassa, samoin ratalaskut, joissa selvitetään kulkaikoja, hyötykuormia ja laukaisuikkunoiden ajallisia kestoja erilaisille asteroidi- ym. missioille. Rahoituksen haku on täydessä käynnissä ja sen tuloksista voi parhaassa tapauksessa olla jotain kerrottavaa ensi numerossa.

*Pekka Janhunen*

## Sähköinen aurinkotuulipurje

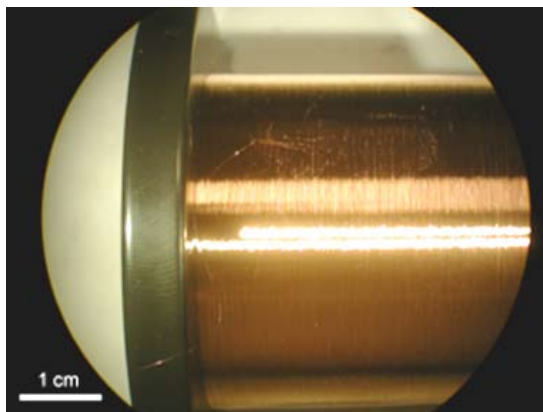
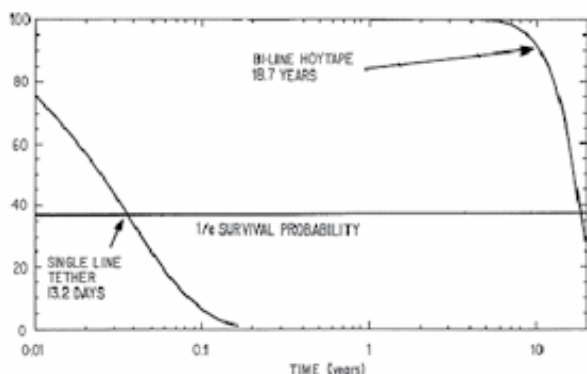
### Materiaalikartoitus

Projektin lähtökohtana oli selvittää mahdollisia materiaalivaihtoehtoja, niiden saavuutta ja halutun rakenteen valmistusmahdollisuuksia Pekka Janhusen patenttoimaan uuteen propulsiomenetelmään, sähköiseen aurinkotuulipurjeeseen. Hanke toteutettiin professori Simo-Pekka Hannulan johdolla TKK:n Materiaalitieteen laboratoriossa ja siihen osallistuivat TKT Yossef Ezer, DI Eero Haimi ja tekn. yo. Tomi Suhonen. Menetelmä käyttää hyväkseen aurinkotuulta eli auringosta koko heliosfääriin ulottuvaa kvasineutraalia plasmaa, joka koostuu pääasiallisesti elektroneista ja protoneista. Näistä suuremman liike-määrän (huomattavasti suuremman massansa ansiosta) omaa positiivisesti varautuneet protonit, jotka hylkivät positiivisessa potentiaalissa olevaa alusta tarjoten työntövoimaa. Innovaation idea perustuikin siihen seik-

kaan, että protonin hylkivät halkaisijaltaan 20  $\mu\text{m}$ :n lankoja niistä vielä noin 20 metrin päässäkin. Näin yksittäinen 20 km pitkä lanka antaa neliökilometrin efektiivisen purjepinta-alan. Lankojen houkuttelemat elektronit poistuvat elektronitykin toimesta, joten aluksen positiivinen potentiaali säilyy. Langat omaavat siis pienen massan, mutta suuren efektiivisen pinta-alan.

Materiaalikartoitusvaiheen lähtökohtia ovat ensisijaisesti materiaalin soveltuvuus avaruusolosuhteisiin, hyvä sähköjohtavuus ja tarpeeksi korkea myötölujuus. Sähköjohtavuus on välttämätöntä positiivisen potentiaalin ylläpitämiseksi ja hyvä myötölujuus takaa langan käsiteltävyyden ja kelattavuuden katkeamatta. Materiaali ei saa olla väsymiselle altis, höyrystyä tyhjiön tai säteilyn vaikutuksesta, eikä olla

ferromagneettinen, jottei häiritsevää vuorovaikutusta syntyisi magneettikenttien tai mittalaitteiden kanssa. Haluttujen ominaisuuksien tulee myös säilyä erittäin laajalla lämpötila-alueella. Lankojen kokema lämpötila voi muuttua hyvinkin nopeasti huoneenlämmöstä aina  $-270^{\circ}\text{C}$ :een, joten hyvää termisen shokin sietoa vaaditaan ja niin kuin aina avaruussovelluksissa, myös tässä tapauksessa käytettävän materiaalin tiheys on huomioitava, vaikka lankojen yhteenlaskettu massa ei niiden pienen halkaisijan takia nousekkaan ylivoimaisen suureksi. Yksittäinen 20  $\mu\text{m}$  paksu ja 20 km pitkä lanka ei katkeamattomana säilyisi avaruudessa missioiden vaatimia aikoja mikrometeorien takia, joten lankojen liitetävyys halutuksi verkkorakenteeksi tulee olla toteutettavissa.



Vasemmalla langan katkeamattomuustodennäköisyys ajan funktiona. Keskellä kuva esimerkkirakenteesta. Erästä kriteerit täyttävää 20  $\mu\text{m}$ :sta lankaa 20 km rullalla kuvassa oikealla.

Mikrometeorit, joista lukumääräisesti suurin osa on halkaisijaltaan alle 1 mm:n ja jotka etenevät noin 10 km/s katkaisivat yksittäisen langan aivan liian nopeasti, mutta jo yksinkertaisella rakenteella lankarakenteen katkeamattomuustodennäköisyyttä voidaan huomattavasti kasvattaa. Kuvassa 1 nähdään vertailua yksittäisen langan ja esimerkkirakenteen katkeamattomuustodennäköisyys ajan funktiona.

Kolme pääryhmää valittiin tarkasteluun, 1) Metallit, 2) Hiilikuitu + pinnoite ja 3) Polymeeri + pinnoite. Metallit yleisesti ottaen soveltuvat erittäin hyvin avaruolosuhteisiin ja niistä on paljon kokemusperäistä tietoa saatavilla, joten tiedetään metalleja joita voidaan käyttää ja ne joita tulisi välttää. Myös metallien hapettuminen ja korrosio valmistuksen ja säilytyksen aikana on huomioitava. Metallit tai metalliseokset ei saa omata sitkeä-hauras-transitiota tai faasimuutoksia toimintalämpötila-alueella, joten pintakeskeisen kuutiollisen kiderakenteen omaavat metallit ja seokset toimivat lähtökohtana. Kyseinen rakenne estää langan haurastumisen ja katkeamisen kylmissä lämpötiloissa. Tällaisilla metalleilla lujuus- ja sähköjohtavuus ominaisuudet itseasiassa paranevat lämpötilan laskiessa.

Kaikissa pinnoitetapauksissa on otettava huomioon pinnoitteen ja perusmateriaalin

eri lämpölaajenemiskertoimet koko lämpötila-alueelle. Lanka voi kokonaisuudessaan katketa tai pinnoite revetä jos lämpölaajenemiskertoimet poikkeavat liikaa toisistaan.

Avaruolosuhteisiin soveltuvat hiilikuituvahvisteiset polymeerilangat soveltuisivat erittäin hyvin sähköjohtavuuden, korkean lujuuden ja alhaisen massansa ansiosta. Esteeksi muodostui kuitenkin haluttu langan paksuus. Ohuimmatkin tarjolla olleet paksuusvaihtoehdot olivat moninkertaisia haluttuun 20 µm:iin nähden. Kyseisen komposiittimateriaaliryhmän kohdalla ongelmia voi myös aiheutua kokemuksen ja standardisoinnin puutteesta, anisotropisuudesta, polymeerimatriisin haurastumisesta, kaasuuntumisesta, kosteuden absorptiosta sekä valmistuksen aikana syntyvistä sisäisistä jännityksistä.

Ongelmat ja rajoittavat tekijät eivät suinkaan pääty tähän. Pienen halkaisijan lisäksi 20 km pitkän yhtenäisen langan saatavuus ja valmistettavuus on ymmärrettävästi ongelmallista. Maailmalla toimivista lankamaisten materiaalien valmistajista karsittiin potentiaalisimmat 50 yritystä, joilta asiaa tiedusteltiin. Näistä ainoastaan yksi yritys pystyy tällä hetkellä tarjoamaan kriteerit täyttävää lankaa.

Jatkossa tutkimuksessa keskitytään verkkorakenteen valmistukseen eli lankojen yhteen liittämiseen ja vaihtoehtoisin valmistustekniikoihin. Yksittäisten 20 µm paksujen lankojen yhteen liittäminen ei ole ongelmatonta, puhumattakaan 20 km pitkästä yhtenäisestä kaksi- tai kolmiulotteisesta rakenteesta. Myös lankamateriaalivaihtoehtojen kartoitusta jatketaan.

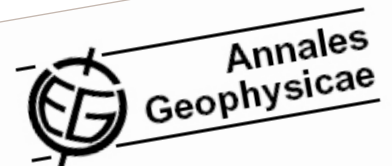


*Tomi Suhonen*

Materiaalitieteen Laboratorio, TKK  
tomi.suhonen@hut.fi

29.3.2007 ilmestyi tieteellinen sähköpurjeartikkeli, joka on ladattavissa osoitteesta

<http://www.electric-sailing.fi>



Ann. Geophys., 25, 755–767, 2007  
www.ann-geophys.net/25/755/2007/  
© European Geosciences Union 2007

## Simulation study of solar wind push on a charged wire: basis of solar wind electric sail propulsion

P. Janhunen<sup>1,2</sup> and A. Sandroos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Helsinki, Department of Physical Sciences, Finland  
<sup>2</sup>Finnish Meteorological Institute, Space Research, Finland

Received: 11 May 2006 – Revised: 20 February 2007 – Accepted: 1 March 2007 – Published: 29 March 2007

**Abstract.** One possibility for propellantless propulsion in space is to use the momentum flux of the solar wind. A way to set up a solar wind sail is to have a set of thin long wires which are kept at high positive potential by an onboard electric power source so that the wires repel and deflect incident solar wind ions. The efficiency of this so-called electric sail propulsion is studied. The force of the solar wind exerts on a

space-only propulsion techniques such as electric propulsion (ion and plasma engines) and solar sails have gained popularity in recent years. Both mentioned techniques have been in principle known for a long time. Likewise, there is much research going on in terms of really advanced (and at the same time long-term) propulsion concepts using e.g. fusion reactors, laser sails or antimatter, with the ultimate goal of enabling interstellar travel.