

Aalto-1 nousee kiertoradalle

■ Markus Hotakainen

Aalto-1 on ensimmäinen suomalainen satelliitti. Sen myötä Suomi siirtyy todellisten avaruusvaltioiden joukkoon. Satelliitti ei ole mikään päiväperho, vaan tulosta pitkäaikaisesta panostamisesta avaruustutkimukseen ja -tekniikkaan.

Suomesta on tulossa avaruusvaltio. Vihdoin, voisi joku sanoa. Eikä olisi aivan hakoteillä. Suomi on toki ollut ansiokkaasti mukana avaruustutkimuksessa jo vuosikymmeniä. Suomalaisia mitalaitteita matkasi kohti Marsia jo 1980-luvun lopulla Neuvostoliiton *Phobos*-luotainten mukana. Kaukaisin taivaankappale, jonka pinnalle on päätyntä suomalaista osaamista, on Saturnuksen suurin kuu Titan. *Huygens*-laskeutujassa oli mukana suomalainen painemittari, joka vuonna 2005 teki mittauksia kuun tiheästä kaasukehästä koko laskeutumisen ajan. Erilaisten instrumenttien lisäksi Suomessa on tehty luotainten runkorakenteita sekä tietokonejärjestelmiä ja -ohjelmistoja.

Avaruustutkimuksessa luvut ovat usein kirjaimellisesti tähtitieteellisiä. Mars-lennolle kertyy mittaa parisataa miljoonaa kilometriä, Saturnukseen on matkaa reilusti yli miljardi kilometriä. Nyt tähdätään paljon lähemmäs, vain muutaman sadan kilometrin korkeuteen eli Maata kiertävälle radalle. Touko-kesäkuussa avaruuteen kohoaa Aalto-1, Suomen ensimmäinen satelliitti.

Avaruuslaitteiden rakentaminen on hidasta puuhaa. Planeettaluotaimen matka piirustus-pöydältä lopulliseen kohteeseen voi viedä parikymmentä vuotta. Aalto-1-projektin kanssa ei ole aikailtu. Hanke sai alkunsa vuonna 2009, kun nykyisin Aalto-yliopistoon kuuluvassa Teknillisessä korkeakoulussa lähdettiin uudistamaan avaruustekniikan kurssia.

”Delftin teknillisestä korkeakoulusta valmistunut **Antti Kestilä** oli juuri tullut meille. Hollannissa oli toteutettu pienikokoinen CubeSat ja olin itse ollut mukana hahmottelemassa virolaisen ESTCube-1-satelliitin hyötykuormaa”, muistelelee Aalto-1-projektia vetävä apulaisprofessori **Jaan Praks**. ”Kursilla oli tosi innokas opiskelijaporukka ja seuraavana keväänä järjestetyllä erikoistyökurssilla päätettiin, että tällä kertaa tehdään jotain haastavampaa. Opiskelijat tulivat sitten ideoineeksi ihkaoikean satelliitin.”

Vuonna 2010 työryhmä oli jo koossa ja ehdokkaat hyötykuormaksi valittu. Sen jälkeen satelliitti piti enää ”vain” rakentaa. Aalto-1 perustuu CubeSat-konseptiin, jossa perusyksikkönä on kanttiinsa kymmensenttinen moduuli. Vastikään valmistuneessa ja laukaisua odottavassa Aalto-1:ssä moduuleja on kolme. Satelliitti painaa vain neljä kiloa ja sillä on kokoa maitotölkin verran.

Vaikka koko tuntuu äkkiseltään vaatimattomalta, siihen on syynsä: sekä taloudelliset että tekniset. Rakettilaukaisujen kilohinta on edelleen kymmeniätuhansia euroja ja toisaalta etenkin elektroniikka menee kaiken aikaa yhä pienempään tilaan. Yleinen suuntaus onkin viemässä vahvasti kohti entistä pienempiä satelliitteja.

”On ratkaisevaa, että pienten satelliittien rakentaminen ja vieminen avaruuteen on paljon edullisempaa kuin suurikokoisten laitteistojen. Kooltaan todella pienet sensorit ovat keksintönä uusi, joten niille löytyy koko ajan uudenlaisia käyttökohteita myös avaruudessa. Siksi kehitys on nyt nopeaa.”

Lokakuussa 1957 avaruusajan aloittanut neuvostoliittolainen *Sputnik* oli läpimitaltaan noin puolimetrisen metallipallo, jolla oli painoa vajaat

sata kiloa. Suurimmat satelliitit painavat useita tonneja eikä kaikkea ole mahdollista kutistaa kovin pieneen kokoon, vaikka tekniikka onkin kehittynyt ja pienenemistään pienentynyt.

”Satelliittien koon määrittää usein energian tarve ja sen myötä aurinkopaneelien koko sekä radiolaitteiden vaatimien antennien mitat. Aikaisemmin ei osattu valmistaa vähän virtaa vieviä integroitua elektroniikkakomponentteja, joten kaikki laitteet kuluttivat paljon sähköä. Siksi satelliiteissa piti olla suurikokoiset aurinkopaneelit. Myös ilmaisin- ja säätötekniikka oli paljon nykyistä kookkaampaa. Voidaankin sanoa, että satelliiteille on käynyt teknisen kehityksen myötä samalla tavalla kuin puhelimille. Nykykännykkä on paljon kevyempi ja tehokkaampi laite kuin vanha lankapuhelin.”

Satelliittien kokoon vaikuttavat myös niiden käyttötarkoitus ja kiertorata, jolla ne tehtäväänsä suorittavat. Maanpinnan suhteen paikallaan pysyviin, esimerkiksi sää- ja viestintäsatelliitteihin sijoitetaan yhä enemmän mitta- ja muita laitteita. Sen sijaan matalille kiertoradoille suunniteltujen satelliittien koko pienenee. Voidaankin puhua jonkinlaisesta nanosatelliittibuumista. Sellaisten etuna on myös se, että samalla rakettilaukaisulla saadaan matkaan useita satelliitteja.

Pienestä koostaan huolimatta Aalto-1-satelliitissa on päätietokoneen, radiolaitteiden ja asennonsäätöjärjestelmän lisäksi kolme hyötykuormaa: VTT:llä kehitetty kuvantava spektrometri AaSI (Aalto-1 Spectral Imager), Helsingin ja Turun yliopistojen yhteistyönä toteuttama RADMON-säteilyilmaisin (Radiation Monitor) ja Ilmatieteen laitoksella ideoitu plasmajarru. Jos Aalto-1 hyötykuormineen olisi rakennettu avaruusajan alkuvuosina – sikäli kuin se olisi muuten ollut teknisesti mahdollista – satelliitilla olisi kokoa ja painoa monikymmenkertaisesti.

”AaSI-kameran kaukaisena esivanhempana voidaan pitää MSS-spektrometriä, joka valmistui vuonna 1969. Sillä oli painoa yli 60 kiloa. Hieman pidemmälle kehitetty monikanavainen MSS-kamera oli mukana vuonna 1972 laukaisussa Landsat-1-satelliitissa, joka painoi yli 1,8 tonnia. Aalto-1:n AaSI-spektrometrillä on painoa alle puoli kiloa.”

AaSI rakentuu kahdesta kameramoduulista, joilla voidaan tutkia esimerkiksi veden laatua ja maanpeitteen eri lajeja. RADMON tarkkailee aurinkotuulen muodostavien sähköisesti varattujen hiukkasten, protonien ja elektronien, ominaisuuksia Maan lähiavaruudessa. Plasmajarru on puolestaan **Pekka Janhusen** kehittelemän sähköpurjekonseptin pohjalta toteutettu laite, jolla voidaan muuttaa satelliitin nopeutta ja siten kiertoradan korkeutta.

Aalto-1-satelliitin mukana on satametrinen, noin 50 mikrometrin paksuinen lieka, johon luodaan neljällä elektronitykillä sähkövaraus. Plasmajarrun testivaiheessa sitä kelataan auki kymmenen metrin verran, ja satelliitti mittaa liekan ja Maan ionosfäärin vuorovaikutusta. Lopuksi lieka avataan täyteen mittaansa. Sen avulla hidastetaan satelliitin nopeutta, jolloin se saadaan pudotettua hallitusti Maan ilmakehään. Tekniikasta toivotaan mahdollista ratkaisua matalien kiertoratojen ”siivoamiseksi” sammuneista satelliiteista ja muusta avaruusromusta.

Vaikka Aalto-1 on kooltaan pieni ja hyötykuormia on vain kolme, sen rakentaminen ei ollut mikään yksinkertainen tai suoraviivainen hanke. Satelliitti saatiin kuitenkin valmiiksi melkoisen nopeaan tahtiin. Haastavinta olikin aika-aulujen sovittaminen yhteen.

”Jokin osa satelliitista eteni nopeasti ja jokin hitaasti. Usein piti odottaa, että yksi osa valmistuu, jotta toista päästiin viemään eteenpäin. Kaikkien asioiden tekemiseen ei myöskään aina löytynyt valmiiksi osaamista. Silloin opeteluun meni aikaa. Aalto-1 on koostaan huolimatta hyvin monimutkainen järjestelmä, jossa on kymmeniä mikrokontrollereita ja sensoreita, lukuisia alijärjestelmiä ja lisäksi suuri määrä yhteistyökumppaneita”, toteaa Jaan Praks.

Kiertoradalle päästyään Aalto-1:n on tarkoitus olla toiminnassa kaksi vuotta. Ensimmäiset kuukaudet, mahdollisesti kokonainen vuosi, käytetään tieteellisten mittausten tekemiseen AaSI-spektrometrin ja RADMON-säteilyilmaisimen avulla. Kun kyseessä on ensimmäinen suomalainen satelliitti, joka on kaiken lisäksi kokonaan kotimaista tekoa, se on yhtä lailla tekninen testialusta kuin tieteellinen tutkimuslaite.

”Kaikki tieto, mikä pystytään keräämään hyötykuormien ja järjestelmien toiminnasta, on ilman muuta kotiinpäin. Projektin päämääränä on osoittaa, että kaikki satelliitin mukana olevat hyötykuormat toimivat ja pystyvät tekemään tieteellisesti mielenkiintoisia mittauksia.

Puolen vuoden tai vuoden kuluttua lennon alusta kokeillaan plasmajarrun käyttöä satelliitin kiertoradan alentamiseksi. Mikäli kokeet onnistuvat, satelliitin rataa saadaan alennettua niin nopeasti, että se voidaan ohjata lopuksi ilmakehään, missä se palaa tuhkakksi. Jos plasmajarru-koe epäonnistuu tai jarru ei ole niin tehokas kuin on odotettu, satelliitti jää kiertoradalle 10–15 vuodeksi ja syöksyy sitten sammuneena ilmakehään.”

Suomi on aiemminkin ollut mukana avaruustekniikan kehittämisessä ja monissa haasteellisissa satelliitti- ja luotainhankkeissa. Nyt saadaan avaruuteen ensimmäinen oma satelliitti. Avaako se uuden, itsenäisemmän aikakauden suomalaisessa avaruustutkimuksessa?

”Monia suomalaisia mittalaitteita on valittu parhaana maailmassa kansainvälisten projektien osaksi ja niitä löytyy nykyisin monen Aurinkokunnan planeetan ja kuun pinnalta. Kyllä kansainvälinen yhteistyö tulee jatkossakin olemaan ainoa tapa toteuttaa kaikkein haastavimpia ja kalleimpia tutkimusmatkoja avaruuteen. Oma pieni satelliittialusta tarjoaa kuitenkin uusia mahdollisuuksia kehittää omaa tutkimusta nopeammin ja testata teknologiaa edullisesti suurempia hankkeita varten tai vaikkapa kaupalliseen käyttöön. Oman satelliittiohjelman suurin etu on sen suoma nopeus ja ketteryys.”

Aalto-1-projekti ei pääty satelliitin laukaisuun Maata kiertävälle radalle ja sen tuottamien mittaustulosten analysointiin. Ilmakehän tutkimukseen keskittyvä Aalto-2-satelliitti on jo pitkällä.

”Parhaillaan rakennamme ohjelmistoyritys Reaktorin kanssa *Hello World* -satelliittia ja samalla kehitämme Suomen itsenäisyyden juhluvuoden satelliittia. Toivottavasti kaupalliset toimijat lähtevät mukaan tähän kehitykseen. Silloin voitaisiin pian saada alustoja tieteellisiä kokeita varten kaupan hyllyltä. Jo nyt mietitään, millainen nanosatelliittien seuraavan sukupolven pitäisi olla.”

Aalto-1 saa kyydin kiertoradalle yksityisen SpaceX-yhtiön *Falcon*-raketilla, joka osaltaan on mullistamassa kaupallista avaruustoimintaa. Aalto-2 singotaan radalleen Kansainväliseltä ISS-avaruusasemalta.

”Avaruusaseman turvavaatimukset ovat huomattavasti tarkemmat, koska kyseessä on miehitetty alus. ISS:ltä lähetettävän nanosatelliitin akkujärjestelmän ja turvakytkinten vaatimukset ovat huomattavasti tiukemmat kuin tavallisella, kantoraketin kuljettamalla *CubeSat*illa. Laukaisun siirtyminen avaruusasemalle on siten tuonut järjestelmälle paljon uusia vaatimuksia ja tarvittavien testien listalle on tullut merkittävästi lisää pituutta. Kansainvälisellä avaruusasemalla ei oteta minkäänlaisia riskejä.”

Aalto-1-satelliitti on siis valmis laukaistavaksi ja se odottaa tietoa lopullisesta lähtöpäivästä. Kun *Falcon*-raketti kohoaa laukaisualustaltaan ja vie lastinsa avaruuteen, Suomesta on tullut vihdoin oikea avaruusvaltio. Silti Aalto-hanke on tuottanut jo ennen satelliitin lähtöä konkreettista hyötyä.

”Massamme on nyt avaruustekniikan alalla nuori, hyvin verkostoitunut ja nopeasti kasvava 'we can do it' -sukupolvi”, iloitsee Jaan Praks.

Kirjoittaja on tietokirjailija ja tiedetoimittaja.