

Väinö Kelhä
VTT

AVARUUSTIEDE JA TEKNIikka

Kilpajuoksu avaruuteen

Neuvostoliiton Sputnik 1 -satelliitti aloitti avaruusaikakauden 4.10.1957, ja heti sen perään 1959 Neuvostoliitto lähetti avaruuteen ensimmäisen elollisen olennon, Laika-koiran. USAn ensimmäinen satelliitti Explorer 1 laukaistiin 1.2.1958. Seuraava Neuvostoliiton saavutus oli Juri Gagarinin vuonna 1961 tekemä ensimmäinen miehitetty avaruuslento Vostok 1 -aluksella. Vuotta myöhemmin samaan saavutukseen ylsi USAn John Glenn Mercury-aluksella. Euroopan avaruusjärjestön ESAn ensimmäinen satelliitti Esro 2B laukaistiin Maata kiertävälle radalle 1968.

Kilpajuoksussa avaruuteen USA oli lyöty, ja siksi presidentti John F. Kennedy otti poliittiseksi tavoitteekseen ihmisen lähettämisen Kuuhun. Siinä USA onnistui vuonna 1969, kun USAn Apollo 11 vei Neil Armstrongin ja Edwin Aldrinin Kuun pinnalle. Tähän saavutukseen Neuvostoliitto ei pystynyt vastaamaan, mutta se päätti rakentaa ensimmäisen miehitetyn avaruusaseman. Sen kehittämisessä Neuvostoliitto onnistui vuonna 1971, kun Saljut 1 laukaistiin Maata kiertävälle radalle. Ensimmäinen todella suuri miehitetty avaruusasema oli MIR, joka laukaistiin radalleen 1986, sekin Neuvostoliiton. Tähän saavutukseen vastasi USA kehittämällä miehitetyn avaruussukkulan, jonka ensi lento oli 1981. Nämä kilpailevat maat löysivät lopulta yhteistyön kansainvälisen avaruusaseman ISS:n rakentamisessa, joka käynnistettiin joulukuussa 1998. Kiina tuli mukaan avaruuskilpailuun ensimmäisellä miehitetyllä lennollaan lokakuussa 2003, kun Kiinan Shenzhou 5 -alus vei avaruuteen kiinalaisen taikonautin Yang Liwein. Seuraava kilpailtava tai yhteistyön kohde tulee olemaan miehitetty lento Marsiin.

Mars polttopisteessä

Marsin tutkimus on juuri nyt ajankohtainen. Marsissa on kaksi NASAn roveria¹, liikkuvaa tutkimusrobotia, jotka toimivat automaattisina ”geologeina”. Roverit Spirit ja Opportunity toimivat autonomisesti, liikkuvat pitkin Marsin pintaa ja ottavat ja analysoivat pintanäytteitä. Rovereilla on oma navigointijärjestelmänsä sekä stereokamerat, joilla voi tutkia edessä olevaa maastoa. Itsenäisesti toimiva roveri valitsee itselleen parhaan reitin lennonjohdon valitsemaan kohteeseen törmäämättä esteisiin tai putoamatta rotkoihin. Spirit on porannut lennonjohdon valitsemaan avokallioon 2.5 mm syvän kolon ja ottanut siitä mikroskoopilla kuvia. Kuvien sekä muiden instrumenttien lähettämän datan perusteella on päätelty, että kallio on vulkaanista basalttia. Roverien eräänä tehtävänä on etsiä merkkejä vedestä, joka aikoinaan on saattanut peittää suuren osan Marsin pinnasta. Sen perusteella arvioidaan,

¹ Roveri tulee englanninkielisestä sanasta ”rover”, ja se tarkoittaa taivaankappaleen pinnalla pyörillä, rullilla tai telaketjuilla liikkuvaa kulkuneuvoa. Pienen avaruuskirjan (Ajatus-kirjat, 2000) sanastossa se on käännetty sanaparilla ”tekninen vaeltaja”.

onko Marsissa mahdollisesti ollut elämää. Spiritin seuraava kohde on nykyisestä paikasta nimeltä Adirondack koilliseen sijaitseva kraateri Bonneville.

Opportunity laskeutui tarkasti valitulle alueelle kauas Spiritistä. Sen pehmeä laskeutuminen saatiin aikaan jarruttavalla lämpökilvellä, jarruvarjoilla, jarruraketeilla ja lopuksi pudottamalla se vapaasti 40 metrin korkeudesta ilmatyynyjen vaimentamana. Se pomppi 26 kertaa, ennen kuin se pysähtyi 200 metrin päähän ensimmäisestä pompusta. Marsia kiertää parhaillaan kolme satelliittia: NASAn Mars Global Surveyor (1996) ja Mars Odyssey -orbiter² (2001), sekä ESan Mars Express (2003). Mars Expressin Marsin pinnalle jouluna 2003 pudottama roveri Beagle 2 valitettavasti katosi, eikä siihen ole saatu yhteyttä.

Marsin tutkimus avaruusluotaimilla käynnistyi vuonna 1960, jolloin laukaistiin matkaan ensimmäinen neuvostoliittolainen luotain Marsin ohilennolle. Ensimmäinen yritys epäonnistui, ja ensimmäisen onnistuneen ohilennon teki NASAn Mariner 4 -luotain vasta vuonna 1965. Ensimmäisen onnistuneen Marsin pinnalle laskeutuneen robottilennon teki vuonna 1971 venäläinen Mars 3. Suuren tieteellisen menestyksen saavutti kuitenkin vasta NASAn Viking 1 Mars -laskeutuja vuonna 1975.

Suomi on ollut mukana kehittämässä useita instrumentteja Marsiin. Vuonna 1988 laukaistuihin venäläisiin Phobos-luotaimiin rakennettiin Aspera-plasmainstrumentit, samoin vuonna 1996 epäonnistuneeseen Mars-96-luotaimeen sekä vuonna 2003 laukaistuun Mars Express -orbiteriin. Vaisala Oy:n valmistamat paineanturit olivat mukana NASAn Mars Polar Lander -lennolla vuonna 1999.

Kaiken kaikkiaan Marsiin on lähetetty 35 avaruusluotainta, joista 25 on kokonaan tai osittain epäonnistunut. Vain kahdeksan alusta on laskeutunut onnistuneesti Marsin pinnalle, kolme venäläistä ja viisi amerikkalaista. Tulevaisuudessa Marsiin on tarkoitus lähettää useita luotaimia, jotka valmistelevat miehitettyjä lentoja Marsiin noin vuonna 2030. Tavoitteena on rakentaa sinne ihmisen asuttavaksi soveltuva tutkimustukikohta ja siirtokunta. Euroopalla on valmisteilla suuri Aurora-ohjelma Marsin tutkimista varten.

Saturnus tuntematon kaasuplaneetta

Kaasuplaneetta Saturnus on aurinkokuntamme toiseksi suurin. Sitä kiertävät laajat, mutta ohuet renkaat sekä 31 kuuta, joista suurin on Titan. Titan on mielenkiintoinen siksi, että se on aurinkokunnan ainoa kuu, jolla on oma ilmakehä. Saturnuksen renkaita on satoja, ja ne koostuvat miljoonista jää- ja kivikappaleista, jotka ovat kooltaan pienistä hiukkasista aina talon kokoisiin möhkäleisiin saakka. Uskotaan, että nämä renkaat ovat muodostuneet hajonneista pyrstötähdistä, asteroideista tai kuista, jotka menivät pirstaleiksi, ennen kuin jäivät kiertämään planeettaa.

² Orbiter eli ”taivaankappaleetta kiertävä avaruusalus” tarkoittaa jonkin taivaankappaleen kiertolaista eli satelliittia. Sanalle ei ole vakiintunutta suomenkielistä termiä. Esimerkiksi Mars-luotain saattaa laskeutumisvaiheessa jakautua kahteen osaan, jotka ovat orbiter ja lander. Orbiter jää kiertämään planeettaa, ja toinen osa, laskeutuja eli lander, laskeutuu planeetan pinnalle. Jos laskeutuja on kulkuneuvo, kyseessä on roveri.

Cassini-Huygens-luotain on NASAn ja ESan yhteinen avaruuslento, joka laukaistiin Floridasta 1997 ja joka saapuu Saturnuksen radalle heinäkuussa 2004. Lento koostuu kahdesta osasta. Cassini-orbiter jää kiertämään Saturnusta neljäksi vuodeksi ja tekee yli 70 kierrosta Saturnuksen ympäri. Toinen osa on Huygens-luotain, joka sukeltaa läpi Titan-kuun kaasukehän ja laskeutuu Titanin pinnalle 4.1.2005.

Cassinin tavoitteena on tutkia Saturnuksen magneettikenttää, aurinkotuulta, Saturnuksen renkaita ja ilmakehää. Huygens-luotaimen tehtävänä on tutkia Titan-kuun ja sen ilmakehän ominaisuuksia. Titan-kuun uskotaan olevan sellainen, kuin Maa oli kolme miljardia vuotta sitten. Siten tutkimus välillisesti kertoo Maan menneisyydestä. Huygens-luotain irrotetaan joulukuussa 2004 Cassini-aluksesta, minkä jälkeen se lentää vapaasti pudoten läpi Titanin keltaisen ja pilvisen ilmakehän. Luotaimen laskeutuminen kestää kaksi tuntia, kun sen nopeutta jarrutetaan laskuvarjoilla. Lennon lopuksi luotain iskeytyy Titanin jääkylmään pintaan ja uppoaa ehkä metaani-mereen. Ennen laitteiden sammumista luotain ehtii antaa muutaman minuutin ajan arvokasta tietoa Titan-kuun olosuhteista. Tiedot välitetään Cassini-aluksen kautta Maassa sijaitseville Deep Space Networkin jättiantenneille. Huygens-luotaimen tutkimuspaikka on kaukaisin planeettailmakehä, johon ihmisen tekemä laite on koskaan tunkeutunut.

Cassini-Huygens-aluksella on useita instrumentteja ja kameroita. Suomalaisia laitteita ovat ACT-pyörityskoneisto, mikroaaltokorkeusmittari sekä IBS-ionisuihkuspektrometri, joka on valmistettu Suomen ja NASAn yhteistyönä. Sen tehtävänä on havaita varattujen partikkelien virtaukset Saturnuksen läheisyydessä. Cassinin instrumentointi on Suomen toistaiseksi suurin avaruuslaitehanke. Sen suunnittelu aloitettiin vuonna 1988 ja tieteellinen työ jatkuu ainakin vuoteen 2008, eli hankkeen kesto on yli 20 vuotta.

Suomen avaruustutkimus ja sen saavutuksia

Suomessa on käynnistetty useita avaruustutkimusohjelmia viime vuosina. Kolmivuotinen Antares-ohjelma päättyy maaliskuussa 2004. Antares-avaruustutkimusohjelma on teknologia- ja tiedeohjelma. Sen avulla toteutetaan suomalaista avaruusstrategiaa, jonka keskeiset alueet ovat satelliittien avulla tapahtuva tieteellinen tutkimus ja kaukokartoitus. Yhteisenä piirteenä näissä on havaintolaitteiden rakentaminen sekä havainto- ja tulkintamenetelmien kehittäminen.

Ohjelma on tuottanut suuren määrän tieteellisiä tuloksia, jotka antavat uutta tietoa universumista, mustista aukoista, auringosta, planeetoista ja Maan ympäristöstä. Keväällä 2003 suomalaistutkijat löysivät kaksi uutta mustaa aukkoa Joutsenen ja Kotkan tähtikuvioissa. Aikaisemmin niitä on tunnettu vain 16. Havaitsemiseen ESan Integral-satelliitissa (2002) käytettiin suomalaisen teollisuuden kehittämiä gammadetektoreita. Suomalaisen Metorex International -yhtiön kehittämää uutta röntgenteknologiaa voidaan hyödyntää myös arkielämässä turvallisuus- ja analyysisovelluksissa, ja se mahdollistaa teollisuuden uuden liiketoiminnan.

Antares-ohjelmassa toimineet tutkijat ovat kehittäneet ESan Planck-luotaimen tulevan maailman herkimmän 70 GHz:n mikroaaltovastaanottimen, jolla tutkitaan maailmankaikkeuden alkuräjähdystä. 13.7 miljardia vuotta sitten tapahtuneen alkuräjähdyksen (Big Bang) kaiku näkyy 3 K -mikroaaltotaustasäteilynä kaikkialla universumissa. Kehitettyä teknologiaa voidaan hyödyntää myös lentokenttien

turvatarcastuksissa, autojen etäisyystunnistimissa, pilvitutkissa ja tietoliikennesovelluksissa.

Antares-tutkijat kehittivät myös käänteentekevän assimilointimenetelmän satelliiteilla tehtävään ympäristöhavainnointiin, tulvien torjuntaan, lumen sulamisen mallinnukseen vesivoimatalouden optimoimiseksi ja merilevän havainnointiin. Ohjelmassa kehitetyt uudet kaukokartoitusmenetelmät parantavat myös metsien taloudellista hyödyntämistä ja mahdollistavat entistä tarkemman ympäristön muutosten seurannan ja valvonnan.

Suomi on osallistunut yli 50 kansainväliseen avaruusohjelmaan yhdessä Euroopan Avaruusjärjestön ESAn, USAn avaruusjärjestön NASAn, Venäjän avaruusjärjestön RKA:n sekä useiden kansallisten avaruusjärjestöjen kanssa. Näissä ohjelmissa suomalaiset tutkimuslaitokset ja teollisuus ovat osallistuneet yli 50 avaruuslaitteen suunnitteluun ja rakentamiseen. Tärkeimmät hankkeet ovat olleet Integralin ja Cassini-Huygensin lisäksi vuonna 1995 laukaistun SOHO-aurinkosatelliitin instrumentit ERNE ja SWAN, jotka edelleen mittaavat auringon lähettämää säteilyä ja aurinkotuulta. Patria Finavicom rakensi vuonna 1999 XMM-satelliittikaukoputken hiilikuiturungon. Vuonna 2002 laukaistiin Maata kiertävälle radalle Euroopan ensimmäinen ympäristösatelliitti Envisat-1, johon suomalaiset rakensivat GOMOS-otsonimonitorin. Muita tärkeitä suomalaishankkeita ovat olleet OMI-otsonimonitori NASAn EOS AURA-satelliittiin (2004), Aspera-plasmadetektori Mars Expressiin (2003) sekä XSM-röntgendetektori SMART-1-kuuluotaimen (2003).

Avaruussovellukset

Avaruustoiminta on muuttunut liiketoiminnaksi tietoliikenteessä. Vuosittain laukaistaan Maata kiertäville radoille noin 80 uutta satelliittia. Vuodesta 1957 alkaen laukaisuja on ollut noin 4300 ja aktiivisia satelliitteja Maata kiertävillä radoilla on noin 600. Niistä suurin osa on tietoliikennesatelliitteja. Merkittävimmät sovellukset ovat TV-lähetykset, jotka välitetään geostationäärisillä radoilla 36000 km:n korkeudessa olevilla satelliiteilla. Satelliitit pysyvät maanpinnan suhteen paikoillaan. Satelliitit välittävät satoja ohjelmia lähes kaikkialle maapallolle. Myös paikallisia radiolähetyksiä, satelliittipuheluita sekä Internet-datapaketteja lähetetään samalla tekniikalla tietyille alueille tai asiakkaille suunnatuilla lähetyksillä.

Tärkeä uusi liiketoiminta-alue on paikannus. Maata kiertää kymmeniä GPS (Global Positioning System) -satelliitteja, joiden avulla vastaanottajan paikka tunnetaan muutaman metrin tarkkuudella. Tätä tekniikkaa hyödynnetään kulkuneuvojen, autojen, laivojen ja lentokoneiden paikannuksessa ja navigoinnissa. Amerikkalaisen GPS-järjestelmän lisäksi Venäjällä on oma GLONASS network -paikannusjärjestelmä. ESA on juuri käynnistänyt Galileo-paikannusjärjestelmän rakentamisen. Samoin Kiina on käynnistänyt oman Beidou (Big Dipper) Navigation -järjestelmän. Paikannuksesta odotetaan suurta hyötyä ja liiketoimintaa useille sovellusalueille.

Kaukokartoitus tarjoaa uusia mahdollisuuksia sään, ympäristön ja luonnonvarojen hallintaan. Maata kiertää noin 30 kaukokartoitussatelliittia. Satelliiteilla tehtävä sääennustus on rutiinipalvelua kaikkialla. Se kattaa normaalit sääennusteet ja myös avaruussään eli korkealla ilmakehän yläpuolella tapahtuvien häiriötilanteiden ennustamisen. Tällaisia mm. teknisiin laitteisiin kohdistuvia häiriötilanteita aiheuttavat

revontulet ja ionisaatio, jotka puolestaan ovat varattujen partikkelien aikaansaamia. Satelliittitekniikka tarjoaa uusia mahdollisuuksia maankäytön suunnitteluun ja teemakarttojen tuottamiseen sekä metsien ja vesivarantojen inventointiin ja optimaaliseen käyttöön. Kaukokartoitusta käytetään myös luonnononnettomuuksien, kuten hirmumyrskyjen, tulivuorenpurkausten, maanjäristysten ja metsäpalojen ennustamiseen ja seurantaan.

Avaruusalalla on kansainvälinen kilpailu kasvamassa. Perinteisesti USA ja Venäjä ovat olleet kaksi merkittävää tekijää alalla. Nyt ESA on laajentunut koko Euroopan kattavaksi toimijaksi. Kiina on voimistanut otettaan myös laukaisutoiminnassa ja suunnittelee avaruuden valloitusta myös miehitetyillä lennoilla. Maailmassa on 27 laukaisualustaa, mutta ylivoimaisesti aktiivisimmat ovat Baikonur Kazakhanissa, Plesetsk Venäjällä, Cape Canaveral ja Vandenberg USAssa sekä ESAn Kourou Ranskan Guayanassa.