

Sisa piiri

TKK/S Alumni-lehti

1/2005



Esittelyssä:
TKK:n Metsähovin
radiotutkimusasema

Radio- signaalia miljardien vuosien takaa

teksti: Ilpo Koskinen

TKK:n Metsähovin radiotutkimusaseman tutkijat ovat osoittaneet, että pienellä tutkimusryhmällä ja pienillä budjeteillakin saavutetaan tarkoin erikoistumalla merkittäviä tieteellisiä tuloksia. Mitähän olisi jo saatu aikaan suuremmilla rahoilla?

Nyt Metsähovi on konsortiona yhdessä Turun yliopiston Tuorlan observatorion kanssa ehdolla Suomen Akatemian tieteen huippuyksiköksi.

Toivottavasti täppää! Metsähovissa tutkitaan kvasaareja, koko maailman-kaikkeuden kaukaisimpia ja energisimpiä kohteita. Siellä myös kehitetään uusia mittausmenetelmiä ja -järjestelmiä sekä suunnitellaan ja rakennetaan tieteen teossa tarvittavia laitteistoja.

”Me kvasaaritutkijat haluamme nähdä aina vain kauemmaksi, aina vain tarkemmin – sekä havainnoida aiempaa nopeammin ja tehokkaammin”, kertoo TKK:n Metsähovin radiotutkimusaseman johtaja, dosentti **Merja Tornikoski**.

Toiveen taustalla on kvasaaritutkimuksen suuri dilemma: koska nämä erittäin kiinnostavat kohteet ovat samalla myös maailmankaikkeuden kaukaisimpia tunnettuja kohteita, joiden lähettämä valo ja muu sähkömagneettinen säteily tulee jopa yli kymmenen miljardin valovuoden päästä, niistä ei vielä tänä päivänä voida nähdä mitään yksityiskohtia.

Metsähovin ja sen yhteistyökumppanien tutkimus on kuitenkin tuomassa apua ongelmaan, kun ns. pitkäkantainterferometriä eli VLBI-tekniikka (Very Long Baseline Interferometry) kehittämisessä ollaan juuri ottamassa isoja harppauksia.

”Nyt me tietenkin haaveilemme siitä, että pääsisimme oikeasti näkemään, mitä siellä kvaasarin keskustassa todella tapahtuu”, Tornikoski sanoo.

VLBI-tekniikan kehittämisen ja soveltamisen työjuhtina ovat Metsähovissa olleet diplomi-insinöörit **Ari Mujunen** ja **Jouko Ritakari**. Tämä juttu perustuu keskusteluun Tornikosken, Mujusen ja Ritakarin kanssa sekä paljolti myös Metsähovin Internet-sivuilta löytyvään materiaaliin.

Kirkkaampi kuin tuhat galaksia

Nimi kvasaari on ‘suomenkos’ englanninkielisestä nimestä quasar (quasi-stellar radio source – tähden kaltainen radio-säteilyn lähde). Kvasaarit näyttävätkin optisella teleskoopilla katsottuna hyvin samanlaisilta kuin huimasti lähempänä

olevat tähdet. Aluksi niitä luultiinkin oman Linnunratamme radiotähdiksi. Myöhemmin pääteltiin, että koska niiden valossa on suuri punasiirtymä, niiden säteilyn on täytynyt matkata tänne miljardeja valovuosia.

Koska kvasaarit 'löydettiin' tai 'keksittiin' vasta 1960-luvun puolivälissä, kyseessä on hyvin nuori tähtitieteen ala.

Kvasaareista saatujen havaintojen tulkinta on asettanut tieteen selityskyvyn koetukselle. Yksi kvasaari näyttää säteilevän kirkkaammin kuin tuhat tavallista galaksia – ja kaikki säteily näyttää tulevan hyvin suppealta, suorastaan piste-mäiseltä alueelta, joka on ehkä vain oman aurinkokuntamme kokoluokkaa tai jopa sitä pienempikin.

Supermassiivinen musta aukko?

Vaikka kvasaareista ei vielä millään nykyisellä havaintovälineellä voida nähdä yksityiskohtia, jotka paljastaisivat mitä niissä todella tapahtuu, on niistä tehtyjen epäsuorien havaintojen perusteella laadittu teoreettisia malleja, jotka pyrkivät selittämään niiden toimintamekanismeja.

Vallitsevan käsityksen mukaan ilmiön taustalla on ns. aktiivinen galaksiydin ja sen keskustassa vinosti pyörivä supermassiivinen musta aukko, joka saattaa olla jopa miljardi kertaa omaa Aurinkoamme massiivisempi. Tämä aktiivinen galaksiydin säteilee niin kirkkaasti, että sen ympärillä olevan valtaisan spiraalitaie ellipsigalaksin valo hukkuu täysin liki pistemäisen ytimen loisteeseen.

Näin galaksi, jolla on aktiivinen ydin, poikkeaa melkoisesti tavallisesta galaksista, jonka säteily on suoraan siihen kuuluvien tähtien valon summa. Tällainen tavallinen galaksi on myös oma Linnunratamme, vaikka myös sen keskustassa arvellaan lymyilevän kohtuullisen kokoisena mustan aukon.

Säteilymekanismien mallinnusta

Tornikoski näyttää vierellä oikealla olevan kvasaarin toimintaa kuvaavan kaavioku-



kuva: Teemupekka Virtanen

Merja Tornikoski

van ja selvittää sen sisällön suunnilleen seuraavasti:

Kun kuvan keskellä olevan supermassiivisen mustan aukon valtaisa vetovoima kiskoo puoleensa ympäröiviä kaasupilviä, niistä muodostuu pyörivän mustan aukon ympärille litteä kertymäkiekko, josta putoaa kaasua ja muuta materiaa kohti mustaa aukkoa, jolloin vapautuu valtava määrä energiaa. Kertymäkiekon sisällä lämpötila kohoaa yli sadantuhannen asteen, jolloin alue emittoi röntgen- ja ultraviolettisäteilyä sekä valoa.

Kertymäkiekon ympärillä, muutaman valovuoden etäisyydellä, on sitä viileämpi suuri donitsin muotoinen, läpinäkymätön pöly- ja molekyylipilvi.

Kvasaarin ytimestä lähtee kaksi vastakkaisiin suuntiin etenevää, voimakkaasti säteilevää kapeaa kiilamaista suihkua, joiden oletetaan etenevän pitkin mustan aukon pyörimisakselia. Näissä plasmasuuhkuissa, jotka yltyvät jopa miljoonien valovuosien etäisyydelle, varatut hiukkaset kiitävät aluksi lähes valonnopeudella voimakkaassa magneettikentässä, jolloin syntyy myös hiukkaskiihdyttimistä tuttua synkrotronisäteilyä.

Lisäksi suihkujen havaitaan lähettävän gamma-, röntgen- ja optista säteilyä, joiden säteilymekanismit tunnetaan huonommin. Myös itse suihkujen syntyminen on vielä melkoinen arvoitus.

Suihkuissa etenee myös shokkimuodostelmia, joiden syntyminen ja mallintaminen ovat osa Metsähovin tutkimustyötä. Shokkiaalloissa materia näyttää liikkuvan ajoittain jopa nelinkertaisella valonnopeudella. Ilmiö selitetään aikaskaalojen vääristymisellä.

Kauempana suihkut vähitellen hidastuvat ja leviävät laajoiksi muodostelmiksi, jotka säilynevät miljoonia vuosia.

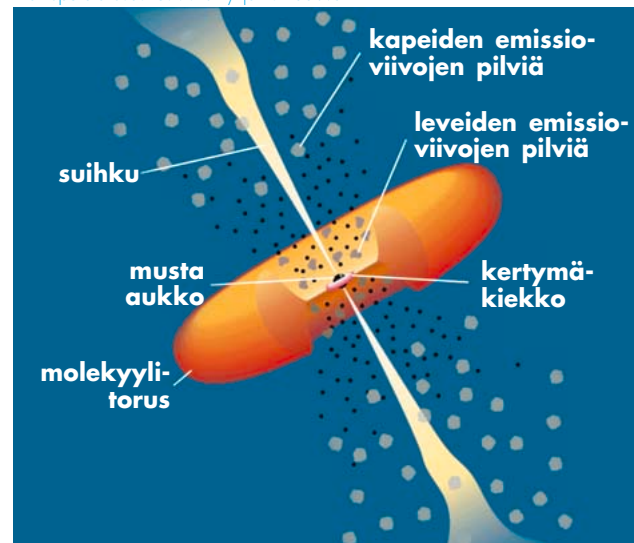
”Suuri osa kaaviokuvassa näkyvistä asioista on päätely epäsuorien havaintojen perusteella. Ei ole mitenkään mahdollista, että asioita on päätely väärin”, Tornikoski varoittaa lopuksi.

Kvasaarien yhtenäismalli

Kaiken kaikkiaan aktiivisia galakseja on hyvin monenlaisia; kvasaarit ovat vain yksi niiden osajoukko – tosin kaikkein aktiivisin. Arvioidaan, että nykytekniikoilla voitaisiin jäljittää kaikkiaan noin sata-tuhatta kvasaaria.

Aktiivisista galakseista tehdyt havainnot herättävät monenlaisia kysymyksiä. Miksi osa galakseista on aktiivisia ja osa ei? Vaihtelee aktiivisuus galaksien eri kehitysvaiheissa? – Onko aktiivinen vaihe osa galaksien normaalia evoluutiota? Onko Linnunradallakin ollut joskus aktiivinen ydin, vai onko se vasta ehkä syntymässä?

alkuperäiskuva: C.M. Urry ja P. Padovani



Havaintojen mukaan näyttää myös siltä, että kvasaarejakin on hyvin monenlaisia. Yksi selitys moninaisuudelle voisi olla se, että kvasaari näyttää eri suunnista katsottuna erilaiselta. Jos me olemme suoraan suihkun suunnassa, se näyttää kovin aktiiviselta. Mutta jos me katsomme sitä suoraan sivusta, kohtisuorassa suunnassa suihkuihin nähden, ytimen ympärillä oleva munkkimainen pölypilvi kätkee aktiivisen ytimen lähes täysin.

Tämä ns. yhtenäismalli on yksi Metsähovin keskeinen tutkimusaihe, jota lähes työtään erityisesti monitaajuusanalyysin keinoin. Sitä varten kvasaarin säteilyä on voitava mitata samanaikaisesti useilla eri instrumenteilla, kuten radioteleskoopeilla, optisilla teleskoopeilla sekä röntgen- ja gamma-alueen satelliiteilla. Tämä edellyttää hyvää maailmanlaajuista yhteistyötä.

Kvasaaritutkimusta on Metsähovissa tehty vuodesta 1980 asti tiiviissä yhteistyössä Turun yliopiston Tuorlan observatorion kvasaaritutkimusryhmän kanssa, jota johtaa professori **Esko Valtaoja**, joka tunnetaan paitsi tähtitieteilijänä, niin myös yhden vähemmistöryhmän, meidän pakonoiden puolestapuhujana.

Tuorlan observatorilla on oma metrinen optinen teleskooppi, mutta varsinainen havaintoväline on La Palman saarella, Kanarian saarilla 2382 metrin korkeudella sijaitseva 2,5-metrinen yhteispohjoismainen optinen NOTeleskooppi (The Nordic Optical Telescope).

Metsähovi-Tuorla-konsortio on edennyt Suomen Akatemian tieteen huippuyksiköiden haussa toiselle kierrokselle. Mahdollinen valinta ratkeaa tänä vuonna.

Maailman paras tietopankki kvasaareista

Vaikka Metsähovin radioteleskoopin halkaisija on varsin suuri, 14 metriä, sen erotuskyky ei riitä alkuunkaan kvasaarien rakenteen kuvantamiseen, vaan se näkee ne pistemäisinä säteilylähteinä. Mutta sillä voidaan hyvin seurata kvasaarin säteilyn muuttumista. Metsähovissa tällaisia mittauksia on tehty katkeamattomina sarjoina jo 70-luvun lopulta asti.

Kun kutakin seurattavaa kvasaaria on käyty kurkkaamassa sopivin väliajoin, mittaustuloksista on kertynyt aikasarjoja, joista voidaan piirtää vuo-, säteily-,

kirkaus- tai valokäyriä – miksi niitä sitten haluakaan kutsua.

Käytännössä yksi mittaus vie puoli tuntia, koska kvasaarin lähettämää radiokohinaa joudutaan integroimaan, jotta antennin suojakuvun ja muiden vastavien virhelähteiden vaikutus eliminoituu riittävästi.

Kun kvasaarissa havaitaan tapahtuvan jotakin mielenkiintoista, sitä voidaan tietenkin ryhtyä seuraamaan tarkemmin.

Koska Metsähovin radioteleskooppi on ainoa radioteleskooppi maailmassa, jonka havaintoajasta suurin osa on voitu käyttää kvasaarien tutkimukseen suurilla radiotaajuuksilla, Metsähovissa on vuosikymmenten aikana kerätty ainutlaatuinen ja arvokas kvasaarien tietopankki, jossa on pitkiä katkeamattomia aikasarjoja noin 85 kvasaarin säteilyn vaihteluista, useista jopa yli 25 vuoden ajalta.

”Näistä havainnoista näkyy jo sellaisiakin asioita, joita ei välttämättä pienellä aikavälillä huomaisikaan”, Tornikoski huomauttaa.

”Emme halua olla mikään sääasema”

Havaintojen mukaan kvasaareja on todellakin hyvin monenmoisia. Toiset säteilevät varsin tasaisesti, mutta toisten säteily vaihtelee voimakkaasti ja niissä havaitaan myös voimakkaita, muutamasta minuutista vuosiin kestäviä purkauksia, joissa säteily moninkertaistuu. Aktiivisuus voi pitkällä aikavälillä vaihdella melkoisesti.

Aineistoa hyödynnetään maailmanlaajuisesti kvasaarien purkaushistorian tutkimuksessa sekä myös alkavien purkausten ennustamisessa, kun organisoidaan ja

koordinoidaan kansainvälisiä yhteismitauksia. Yhtenä haaveena on, että purkauksia voitaisiin tarkkailla alusta loppuun yhtä aikaa kymmenillä eri taajuuksilla.

”Kvasaarien havainnointi ja antennin veivaaminen niiden välillä vie hirveästi aikaa ja energiaa, mutta havainnoiva tähtitiede on tällaista”, Tornikoski toteaa.

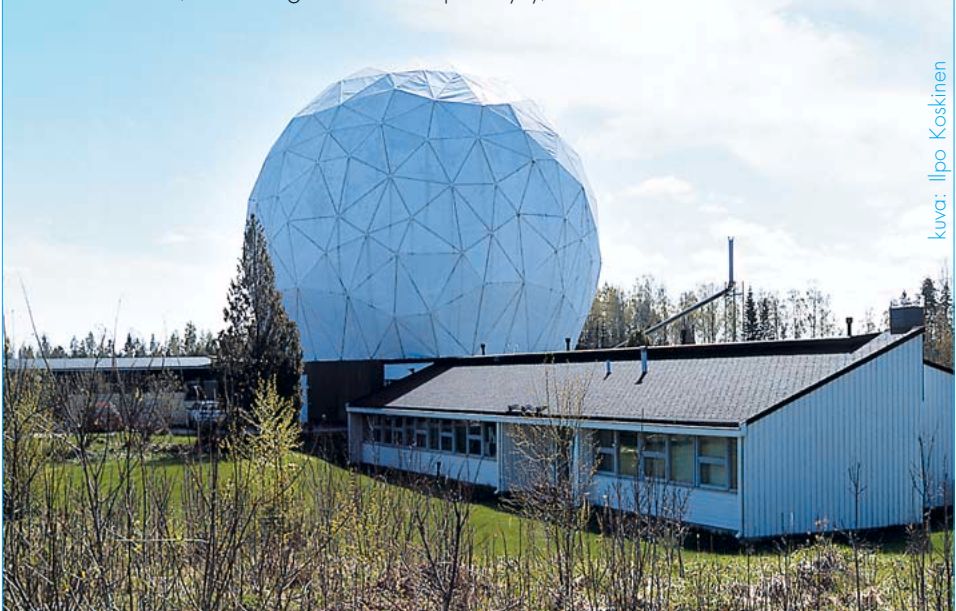
”Emme kuitenkaan halua olla mikään ’sääasema’ – kuten sanotaan – joskin Auringon mittauksissa me hieman sitä nyt olemmekin. Teemme mittauksia omaa tutkimusta varten ja niitä hyödynnetään käytännöllisesti katsoen kaikissa julkaisuissamme”, hän korostaa.

”Mutta nykypäivän tähtitiede on monitaajuustutkimusta. Tätä tutkimusta ei mitenkään voisi tehdä niin, että me istuisimme täällä tekemässä tutkimusta vain omien havaintojemme pohjalta. On myös vaihdettava dataa muiden kanssa ja käytettävä itsekin aktiivisesti myös muita teleskooppeja.”

”Esimerkiksi vaikka gammasäteily ja radioallot ovat aivan koko sähkömagneettisen spektrin vastakkaisissa ääripäissä, ne liittyvät tietyllä tavalla toisiinsa. Näyttää siltä, että kvasaareissa gamma-säteilyä voi syntyä välillisesti saman mekanismin kautta kuin synkrotronisäteilyä”, Tornikoski kertoo.

Itse suunniteltuja ja valmistettuja järjestelmiä

Suuri osa Metsähovin tutkimuksessa käytettävistä laitteista ja -järjestelmistä on suunniteltu ja rakennettu itse. Tämä ei kuitenkaan ole ollut mikään itsetarkoitus, vaan omaan laitevalmistukseen on päädytty, koska rahat eivät ole aina riittäneet



kuva: Ilpo Koskinen

kalliisiin kaupallisiin laitteisiin – tai sitten tarvittavia laitteita ei edes ole ollut tarjolla valmiina.

Ja kun tehdyt laitteet ovat osoittautuneet erinomaisiksi, niitä ovat halunneet tutkijakollegat ympäri maailmaa. Niinpä niitä on toimitettu muun muassa USA:han, Huijpuvuorille, Kiinaan ja Australiaan.

Ja vaikka esimerkiksi 90-luvun puolivälissä NASA:n Deep Space Network-verkolle myytiin laitteita yli miljoonan markan arvosta, ei laitekauppa ole ollut kovin iso bisnes. Rahan sijasta motivaationa on useimminkin ollut oman tutkimustyön edistäminen. Eihän auta, vaikka itsellä olisi maailman parhaat laitteet, jos tutkimuksessa välttämättömällä yhteistyökumppanilla niitä ei ole. Tämän päivän radioastronomia on ennenkaikkea yhteistyötä.

Todettakoon, että Metsähovin läheisen yhteistyökumppanin, Tuorlan observatorion yhteydessä toimii yhtiö, joka hioo ja kiilloittaa teleskooppien peilejä ja linssyjä. Siellä on viimeistely muun muassa maailman suurin avaruusteleskoopin peili ESA:n Herschel-satelliittiin sekä metrinen linssi ruotsalaisten Kanarian saarten La Palmalla sijaitsevaan aurinkokaukoputkeen (Observatorio del Roque de los Muchachos), jolla on otettu tässä jutussa oleva lähikuva auringonpilkuista.

Metsähovin lyhyt historiikki

Kirkkonummen Kylmälän kylässä toimivan TKK:n Metsähovin radiotutkimusaseman nykymuotoisen toiminnan käynnisti 1970-luvulla **Martti Tiuri** toimiessaan Suomen Akatemian tutkimusprofessorina. Asema oli alkujaan osa Radiolaboratoriota, mutta eriytyi vuonna 1988 TKK:n erillislaitokseksi. Aseman maa-alue saatiin lahjoitukseksi Helsingin yliopistolta, joka on omistanut jo 1900-luvun alusta alkaen Metsähovin tilan, josta maa erotettiin.

Nykyinen 14-metrinen radioteleskooppi saatiin käyttöön vuonna 1974 ja aluksi sillä tehtiin radioastronomisten mittausten ohella myös satelliittitietoliikenteen etenemistutkimuksia. Teleskoopilla on myös pieni rooli television historiassa; sillä vastaanotettiin ensi kertaa Suomessa värillistä televisio-ohjelmaa 'taivaskanavalta' 4.10.1976.



kuva: Merja Tornikoski

Metsähovin teleskooppia uudistettiin 90-luvun alussa vaihtamalla antennin suojakupu, peilipaneelit ja taustarakenteet. Samalla myös rakennettiin uusi laboratoriosiiپی. Remontissa antennin paneelien pintatarkkuus parani (0,35→0,1 mm), suurin käyttötaajuus nousi (115→250 GHz) ja antennin hyötysuhde ylimmillä taajuuksilla parani jopa kolminkertaiseksi.

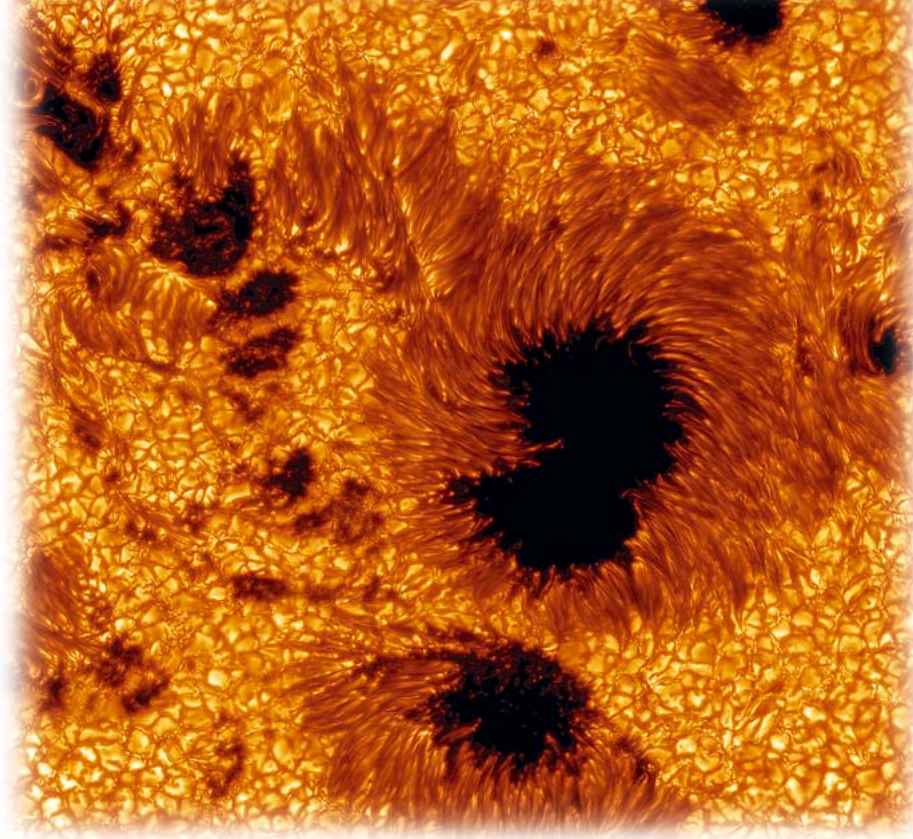
Jo vuosia ennen kuin nykyinen antenni hankittiin Electronic Space Systems'iltä, jota Suomessa muuten edusti Nokia, laadittiin suunnitelma 20-metrisen antennin rakentamisesta Suomessa. Sille ei kuitenkaan löytynyt rahoitusta. Ja vielä varhaisemmasta suunnitteluvaiheesta kertoo Metsähovin nettisivuilla aseman aiempi pitkäaikainen johtaja, emeritusprofessori **Seppo Urpo** näin:

"Vuonna 1967 kävelin professori Tiurin puheille kysymään mahdollista diplomityöaihetta ja työpaikkaa. Onni

Radioteleskoopin pääpeili on metallinen lautasantenni, joka kerää akselinsa suunnasta tulevan säteilyn ja heijastaa sen edessä olevaan apupeiliin, joka kohdistaa säteilyn pääpeilin keskellä olevasta aukosta vastaanottimeen, jossa säteily muutetaan sähköiseksi signaaliksi, vahvistetaan ja digitalisoidaan tiedoksi, joka tallennetaan tietokoneen muistiin.

hymyili ja minusta tuli diplomityöntekijä 600 markan kuukausipalkalla. Diplomityön aiheeksi Tiuri ilmoitti: 'Suunnittele ja rakenna radioteleskooppi'. Tyhmyyksissäni ja ymmärtämättä vaadittavan työn määrää aloitin työt maanantaina. Noin kahdessa viikossa totuus valkeni ja diplomityöni aihe vaihdettiin toiseksi."

Metsähovissa työskentelee kaikkiaan 15 henkilöä, mutta kun iso osa heistä on osa-aikaisia, palkanmaksun näkökulmasta asemalla tehdään yhdeksän miestyövuotta vuodessa.



Kuva: the Royal Swedish Academy of Sciences

Tämä lähikuva Auringon pilkuista on otettu Kanarialla La Palmalla olevalla ruotsalaisen tarkalla aurinkokaukokuoputella, joka on maailman suurin lajissaan.

Merkittäviä tuloksia Aurinkotutkimuksessa

Kvasaarien, maailmankaikkeuden kaukaisimpien kohteiden tutkimuksen ohessa Metsähovissa on ikäänkuin vastapainona tutkittu jo 70-luvulta lähtien myös kosmologian mittakaavassa äärimmäisen läheistä kohdetta, Aurinkoa. Tässäkin työssä on saavutettu merkittäviä tuloksia.

Läheisyydestään huolimatta Aurinkoon kätkeytyy vielä paljon mystiikkaa, jonka selvittäminen auttaisi meitä ymmärtämään maailmankaikkeutta laajemminkin.

Metsähovi on ollut maailman johtava Auringon koronan millimetriaaltosäteilyn tutkija. Se raportoi ensimmäisenä Auringon napojen läheisistä radiosäteilyn kirkastumisalueista ja mittasi niiden avulla Auringon differentiaalisen pyörimisnopeuden lähellä napoja. Aurinkohan ei pyöri kuin kiinteä kappale, vaan pyörimisnopeus 'päiväntasaajalla' on paljon suurempi kuin navoilla.

Metsähovissa on myös tutkittu Auringon värähtelyjä, koronan aukkoja, keskimääräistä hiljaisempia Auringon alueita sekä röntgen- ja radiosäteilyn yhteyksiä.

Mutta nyt kun Seppo Urpo on jäänyt eläkkeelle, asemalla ei ole enää yhtään varsinaista aurinkotutkijaa.

Mainittakoon, että Venäjän Tiedeakatemian myönsi emeritusprofessori Urpolle ja hänen venäläisille kolleegoilleen palkinnon vuoden 2003 parhaasta matemaatiikan ja fysiikan alan tieteellisestä artikkelista.

Artikkeli käsitteli Metsähovissa havaittujen Auringon säteilypurkauksien pohjalta tehtyä tutkimusta, jossa 22 ja 37 GHz taajuuksilla havainnoidusta datasta löydettiin kolme erityyppistä oskillointia, joiden ehdotettiin liittyvän erityisesti Auringon koronan magneettisiin häiriöihin.

Teleskoopin tarkkuuden rajaa tyly luonnonlaki

Kvasaareihin näkemistä rajoittaa luonnonlaki, jonka mukaan minkäntyyppisen teleskoopin tarkkuus eli erotuskyky eli erotelukyky ei voi olla parempi kuin teleskoopin koko ja havainnoinnissa käytetty aallonpituus edellyttävät – olivatpa peilit ja linssit hiottu ja puunattu kuinka hyvin tahansa.

Tämän lain mukaan teleskooppi on sitä tarkempi, mitä suurempi on sen halkaisija – ja myös sitä tarkempi, mitä lyhyempiä (ja siis suuritaajuisempia) aaltoja mittaussesa käytetään. Eli ainakin teorias-

sa huipputarkan teleskoopin saa rakentamalla jättimäisen teleskoopin, joka mittaa äärimmäisen lyhyillä aalloilla.

Käytännössä asia ei valitettavasti ole näin suoraviivainen, koska me emme voi vapaasti päättää käytettävää taajuutta, vaan meidän on valittava taajuus, jota kohteemme emittoi tai heijastaa.

Luonnonlakimme sanelee, että auttamatta huonoimpia teleskooppeja ovat suhteellisen suuresta koostaankin huolimatta radioteleskoopit, koska lyhimmätkin niissä käytetyt taajuudet ovat noin 10.000 kertaa pidempiä kuin näkyvän valon aallot.

Eikä koon kasvattamisen ainoa ongelma ole halkaisijaan nähden vähintään kolmannessa potenssissa ylös syöksyvä hinta. Teleskoopin peilin pinnan tasaisuuden ja muototarkkuuden pitää vastata käytettävän aallonpituuden vaatimuksia, joiden täyttäminen vaikeutuu jättikokoon mentäessä kohtuuttomasti.

Peilin tarkkuuden vaatimus toisaalta myös tasoittaa eri tyyppisten teleskooppien mahdollisuuksia: Pitkiä aaltoja käyttäviä radioteleskooppeista voidaan tehdä valtavia, mutta valtavan optisen teleskoopin rakentaminen on todellinen haaste. Radioteleskooppeja on tehty satojen metrien kokoluokassa, mutta löytyypä netistä suunnitelma satametrisestä optisestakin teleskoopista, joka on ideoitu toteutettavan eräänlaisella mosaiikkipeiliteknikalla.

Porsaanreikä interferometria

Onneksi teleskooppien tarkkuutta rajoittavasta luonnonlaistakin löytyy sopivan väljä porsaanreikä: interferometrian avulla me voimme yhdistää erilliset teleskoopit virtuaaliseksi 'jättiskoopiksi', jonka peilin virtuaalista halkaisijaa eivät teoriat rajaa.

Ainakin unelmissamme me voimme koota valtavan virtuaaliteleskoopin sirottelemalla ympäri avaruutta teleskooppeja, joista etäisimmät ovat niin kaukana, että niistä juuri ja juuri enää saadaan signaalia Maahan. Tähän on ehkä vielä

hieman matkaa, mutta Metsähovissa kehitettävällä VLBI-pitkäkantainterferometrialla (Very Long Baseline Interferometry) on jo saavutettu hyvin lupaavia tuloksia. Hui, mikä nimi! Tekisipä mieli sanoa jättiskopiaksi.

VLBI kääntää tavallaan koko pakan ympäri. Optinen teleskooppi on yhä noin 10 kertaa tarkempi kuin radioteleskooppi. Ja Hubble-avaruusteleskooppi on edelleen noin 10 kertaa tarkempi kuin maanpäällinen optinen teleskooppi, mutta nyt maanpäälliset VLBI-radioteleskoopit ylittävät yhdessä jo tuhansia kertoja parempaan kulmaerottelukykyyn kuin Hubble.

Ruotsinlaiva Kuussa? Ei, sehän on kirsikka!

”Niin, Hubblea on totuttu pitämään hyvin tarkkana instrumenttina – ja niinhän se onkin. Mutta kyllä me radioastronomit olemme nyt vain pistäneet paremmaksi”, Tornikoski kehaisee.

”Hubblen resoluutiolla me voisimme nähdä Kuussa olevan kerrostalon tai autolautan kokoisen esineen. VLBI-tekniikan resoluutiolla me erottaisimme sieltä kirsikan kokoisen esineen”, Tornikoski vertaa.

”Eli voitaisiin istua takapihalla seuraamassa kuussa käytävää pingisottelua”, Jouko Ritakari heittää.

VLBI-tekniikan kehittyminen ei silti tarkoita sitä, että Hubblen kaltaiset optiset avaruusteleskoopit kävisivät tarpeettomiksi, päinvastoin. Radioteleskoopeillahan voidaan edelleenkin havainnoida vain radioaaltoja säteileviä kohteita. Ja yhä tärkeämmäksi tulevat erilaiset yhteismittaukset, joissa samoja kohteita havainnoidaan samanaikaisesti useilla eri välineillä ja taajuuksilla.

Muuten: Liki kaikki tosi ammattilaisten käyttämät optiset teleskoopit ovat tänä päivänä peiliteliskoppeja. Linssikaukoputkia käytetään ainoastaan Auringon tarkkailussa. Suuret linssit ovat tietenkin hirvittävän painavia ja kalliita, mutta niiden valmistuksessa tulee eteen myös linssin materiaalissa vääjäämättä esiintyvä optinen epätasaisuus, jonka kompensoimiseksi linssiä pitääkin teoreettisesti täydellisen



kuva: Merja Tornikoski

Harvinainen tilanne: Metsähovin radioteleskooppi ilman suojakupua. Kupu (radom) suojaa sateelta, lumelta, jäältä ja tuulelta sekä suodattaa Auringon lämpösäteilyä. Kuvulla suojatulla radioteleskooptilla voidaan mitata myös Auringon radiosäteilyä.

muodon saavuttamisen jälkeen ryhtyä muotoilemaan uudelleen optisten mittausten perusteella.

Radioteleskooppi näkee päivälläkin

Radioteleskoopeilla on se merkittävä etu, että niillä voidaan havainnoida ympäri vuorokauden, eikä vain yön pimeimpinä tunteina kuten optisilla teleskoopeilla.

Metsähovissakin teleskoopin mittaukset pysäyttää vain sade. Mittauksia voidaan tehdä myös pilvien läpi, elleivät ne ole kovin märkiä. Esimerkiksi kuivat pakkas-poutapilvet eivät haittaa.

Niinpä työtä tehdään ’vuorotta’. Asema on miehitettynä tai ainakin toiminnassa lähes kaiken aikaa, ympäri vuorokauden, vuoden jokaisena päivänä. Siksi toimintoja on automatisoitu ja itse kukin voi hoitaa monia tehtäviä myös kotoa käsin. Näin kvasaarimittauksiakin voidaan haluttaessa tehdä yhtäjaksoiseksi vuorokaudesta toiseen.

”Esimerkiksi jouluaattona ei kenenkään ole pakko tulla tänne – ellei satu tunte-

maan hirvittävää tieteenteon poltetta”, Tornikoski vimistää. ”Mutta kyllä meistä jokainen nukkuu välillä aamutorkkuja makuupussissa huoneensa nurkassa oltuaan yön tai viikonlopun mittaamassa.”

He elävät vuodessa vuorokauden enemmän

Mutta elävätpä tähtitieteilijät muutenkin meitä muita kiihkeärytmisemmin. Heidän käyttämänsä tähtivuorokausi on liki neljä minuuttia lyhyempi kuin meidän tavallisten pulliaisten vuorokausi. Ero tulee siitä, että tähtivuorokausi perustuu maapallon todelliseen pyörähdysaikaan – eli aikaväliin, jonka kuluttua tähdet taas näkyvät samoisu suunnissa Maasta katsottuna.

’Tavallinen’ vuorokausi taas on se aikaväli, jonka päästä me taas näemme Auringon seuraavan kerran samassa suunnassa. Koska Maa kiertää Auringon ympäri samaan suuntaan kuin se pyörii – täältä pohjoisesta katsoen vastapäivään – niin seuraavan kerran me katsomme Auringon jo hieman eri kohdasta Maan rataa, joten nyt tarvitaankin enemmän kuin täysi Maan pyörähdys.

Aurinkoa kierrettäessä kertyy kaikkiaan yksi ylimääräinen pyörähdys, joten vuoden 365 vuorokaudessa me pyörähdämmekin 366 täyttä kierrosta.

Pienenä mietin, mitä sekaannuksia syntyy, jos puhuu 'myötöpäivästä' eteläisen pallonpuoliskon tai päiväntasaajan väen kanssa. Mutta valtakielissäpä puhutaankin kellon viisareiden suuntaisesta liikkeestä (clockwise; en el sentido de las agujas del reloj).

Kuin rapistunut partapeili

VLBI-tekniikan ideana on yhdistää toisistaan etäällä sijaitsevat erilliset radiotelekoopit yhdeksi valtavaksi virtuaalitelekoopiksi, jonka halkaisija vastaa teleskooppien suurinta keskinäistä etäisyyttä.

"Virtuaalisen teleskoopin peili on kuin huonokuntoinen partapeili, josta liki kaikki hopeointi on irronnut ja jäljellä on vain pieniä heijastavia läikkiä siellä täällä", Ari Mujunen havainnollistaa. "Mutta näkeehän sellaisellakin peilillä naamansa, jos vain heiluttaa sitä vinhaan tahtiin."

Mujusen mainitsemaa heiluttamista vastaa mittausmenetelmää tukeva maapallon pyöriminen. Jos mittaus tehtäisiin vain yhdellä ajanhetkellä, havainnoivia mittauspisteitä olisi yhtä monta kuin teleskooppeja. Mutta kun mittausta jatketaan pitkään, vaikkapa vuorokauden, kvasaarista katsottaessa teleskooppien paikat ja niiden yhdysjanat piirtävät maan pyöriesä kaaria ja samalla teleskooppiarjen välisten kantaviivojen (eli niiden keskinäisten etäisyyksien projektioiden) pituus vaihtelee. Peiliin tulee lisää hopealäikkiä.

Tietoa tallennettava gigabitejä sekunnissa

VLBI-mittauksissa vastaanotetusta signaalista näytteistettyä ja digitoitua dataa pitää tyyppillisesti pystyä tallentamaan parista sadasta megabitistä pariin gigabittiin sekunnissa ja tietoihin pitää ehtiä vielä liittää tarkat aikaleimat.

Jouko Ritakari kertoo, että aikaleimauksessa käytettävien vetymaser-atomikello-



kuva: Merja Tamnikoski, SEST-radioteleskooppi, Chile

jen aikakoodit pystytään tahdistamaan keskenään mittausaineiston perusteella.

Tämä on sikäli näppärää, ettei kelloja tarvitse koota tahdistamista varten samaan paikkaan – eikä kenenkään meistä tarvitse matkata kvasaariin lyömään klaffia. Matka voisi olla yllättävän rasittava; jotkut ovat laskeneet, että avaruuden oletetun laajenemisen vuoksi valitsemamme kvasaari saattaisikin olla nyt jo vaikkapa 45 miljardin valovuoden päässä.

Vähänkin pessimistisempi ei edes usko sen olevan enää olemassa. Onhan sen valon matkatessa tänne ehtinyt sattuakin kokeneista. Oman Aurinkomme ikä on vain noin viisi miljardia vuotta eli murtoosa kaukaisimmista kvasaareista tulevan valon iästä.

Hmm... jossakin kaukana jokin siviilisaatio, jolla on VLBI jo hyvin hanskassa, ihmettelee nyt maapallon syntyvaiheita.

Magneettinauhoista levyasemiin

Aiemmin VLBI-mittauksien tallennuksessa käytettiin tähän tarkoitukseen räätälöityjä magneettinauha-asemia, jotka tallensivat tuuman levyiselle ja noin kuusi metriä sekunnissa viuhvalle, ohuelle ja helposti katkeilevalle magneettinauhalle tietoa 256 megabittiä sekunnissa. Nauha oli lasisessa 600 gigatavun kelassa, joka painoi seitsemän kiloa.

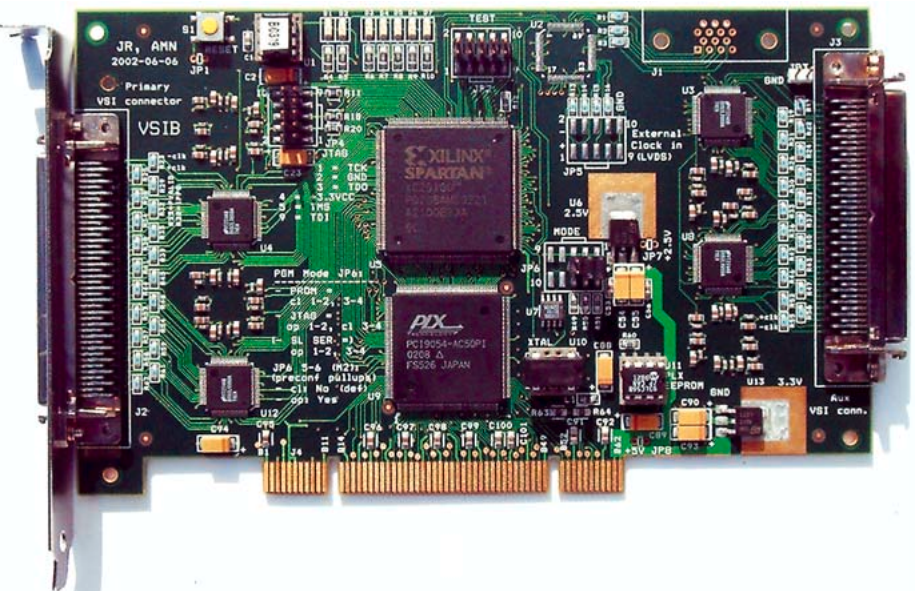
Kansainvälisten VLBI-mittauksien yhteydessä kelakoteloita lähetettiin kuriiripostina ympäri maailmaa.

"Käytännössä tekniikka osoittautui valan epäluotettavaksi ja se myös pilasi osan joidenkin kokeiden mittauksista", Mujunen kommentoi.

Näin kävi esimerkiksi vuosina 2001–2002 tehdyissä mittauksissa, joissa Metsähovi observoi ennätysnoisella 147 GHz taajuudella, eli noin kahden millimetrin aallonpituudella. Ongelmista huolimatta saavutettiin VLBI-mittauksien maailmanennätys kulmamittauksarkkuudessa.

Metsähövin mainio tiedonkeruukortti

2000-luvun alussa oli jo nähtävissä, että tallennusongelma voitaisiin pian ratkaista käyttäen tavallisia mikrotietokoneiden kovalevyjä, joiden kapasiteetti kasvoi riipeästi vaikka hinnat samalla laskivatkin.



kuva: Ari Mujunen



kuva: Kim Koskinen

Ari Mujunen

Niinpä tiedonkeruujärjestelmiä lähettiin kehittämään tältä uudelta pohjalta niin USA:ssa, Japanissa kuin Euroopassakin.

Koska mittausaajuuksien kasvu vaatii yhä vain suurempia tallennusnopeuksia, amerikkalaiset asettivat tavoitteeksi, että mikron tallennusnopeuden tulisi yltää gigabittiin sekunnissa. Mutta Metsähovissa edettiin suoraviivaisen käytännön läheisesti.

”Ajattelimme, että koska mikrot ovat halpoja ja tallennusnopeutta voidaan helposti lisätä kytkemällä niitä rinnakkain, yhden mikron ei tarvitse yltää kovin huimaan tallennusnopeuteen”, kortin suunnitelleet Mujunen ja Ritakari selviävät.

”Lähdimme suunnittelemaan edullisista komponenteista yksinkertaista Linux-tiedonkeruukorttia, joka ylittäisi vähintään samaan vauhtiin kuin aiemmat magneettinauhayksiköt, 256 megabittiä sekunnissa. Ja jos sitten pääsisimmekin tuplanopeuteen, niin hyvä on.”

Kun kortti (kuva vieressä) valmistui vuonna 2002, se tallensi puoli gigabittiä sekunnissa. Kytkemällä kaksi tai neljä konetta rinnakkain päästiin samantien jo yhden tai kahden gigabitin tallennusnopeuteen.

VLBI-mittausten maailmanennätysä

Vuonna 2002 metsähovilaiset tekivät yhdessä japanilaisten kanssa käytännön

VLBI-mittauskokeen, jossa mittausasemat tallensivat tietoa uudella ennätysnopeudella, gigabitin sekunnissa. Ja heti seuraavana vuonna ennätysnopeus tuplattiin japanilaisten kanssa tehdyssä yhteismittauksessa kahteen gigabittiin sekunnissa.

Näin Metsähovi napsi nimiinsä VLBI-mittausten maailmanennätykset toinen toisensa perään – isoilla budjeteilla tutkivien amerikkalaisten nenien edestä.

Vakiolevyasemiin siirtyminen oli iso harppaus; vaikka laitteistot pienenevät ja halpenivat, tiedonkeruun luotettavuus parani ja samalla tietojen siirto ja jatkokäsittely helpottuivat – kuten myös järjestelmien jatkokehitys.

Merkittävä etu on myös se, että aiemmin erityisissä korrelointikeskuksissa tehty korrelaatiolaskenta voidaan nyt hajauttaa tieteellisessä laskennassa muutoinkin yleistyväksi grid-tyyppiseksi hilaverkkolaskennaksi, jolloin korreloinnin kustannukset putoavat murto-osaan. Metsähovissa kehitetyllä tiedonkeruukortilla varustettu mikro voi osallistua laskentaan yhtenä hilaverkon osana.

Kortista on valmistettu sadan kappaaleen sarja ja sitä on myyty asevelihintaan kolleegoille ympäri maailmaa.

Satakertaista nopeutta Internetissä

Seitsemän kilon painoinen nauhakela voitiin nyt korvata puolen kilogramman kovalevyllä, mutta valtaiset tiedostot siirtyivät maasta ja maanosasta toiseen yhä kuriiripostina. Ja matkoihin kului päiviä.

Heräsi kysymys, miten hyvin Internet sopisi levytiedostojen siirtoon ja millaisiin siirtonopeuksiin päästäisiin.

Metsähovilaiset kokeilivat mittaus-tietojen siirtoa Internetiä pitkin Suomesta Hollantiin ja sieltä edelleen Japaniin. Vaikka yhteyksillä oli 1–10 Gbit/s -runkolinjoja, aluksi dataa solui Suomesta Hollantiin vain 7 Mbit/s ja sieltä Japaniin ainoastaan 4 Mbit/s. Siirtonopeudet olivat siis vain promillen osia runkolinjojen nimelliskohteista, vaikka niillä kulki hyvin vähän muuta liikennettä.



kuva: Ilpo Koskinen

Jouko Ritakari

”Osoittautui, että tavalliset Internet-protokollat ovat toivottoman hitaita pitkillä yhteyksillä, joilla kuittauksista aiheutuvat viiveet kasvavat suuriksi”, Jouko Ritakari toteaa.

”Aloimme tutkia nopeita ja luotettavia UDP-protokollaan (UDP = User Datagram Protocol) pohjautuvia tiedonsiirtotapoja ja onnistuimme yli odotusten. Kun saimme kytkeä koneemme suoraan gigabitlinjoihin, tietoa kulki täältä Hollantiin 640 Mbit/s ja sieltä Japaniin 400 Mbit/s – eikä siirtokokeemme haitannut lainkaan runkolinjojen muuta liikennettä”, Ritakari jatkaa.

Suomen ja Hollannin välillä päästiin siis liki satakertaiseen nopeuteen, ja siinä sivussa yhden ainoan tietokoneparin välinen liikenne kasvatti koko pohjoismaisten yliopistojen tietoverkon siirtokapasiteetin kulutuksen Keski-Eurooppaan nelinkertaiseksi!

VLBI-mittauksia satelliittien kanssa

Maanpäällisillä teleskoopeilla tehtävien mittausten tarkkuutta voidaan – ainakin teoriassa – parantaa vielä noin kymmentuhattokertaisesti käyttämällä VLBI-mittauksissa muutaman millimetrin radioaaltojen sijasta näkyvää valoa, jonka aallonpituus on muutamia satoja nanometrejä.

VLBI-tekniikkaa onkin jo sovellettu myös optisiin teleskooppeihin, mutta toistaiksi

Mittaustarkkuus 0,3 m/s – mitattuna 1,2 miljardin kilometrin päästä!

vain tiiviissä teleskooppiryhmissä, joissa korrelointi tehdään aivan saman tien. Yhä tänään tuntuu liki utopialta, että teleskoopit ympäri maailmaa tallentaisivat aikaleimattua optista dataa, joka korreloidaan myöhemmin yhteen. Tähän suuntaan kuitenkin kuljetaan.

Lähivuosina kehitys näyttää etenevän niin, että VLBI-teknikka vakiintuu lyhyillä aallonpituuksilla mittaavien maanpäällisten radioteleskooppien 'rutiiniteknikaksi' ja yhteismittauksiin tulee vähitellen myös mukaan lisää samoilla taajuuksilla mittaavia satelliitteja. VLBI-mittauksissa on jo käytetty muun muassa japanilaisen VSOP-projektin HALCA-satelliittia. Metsähovi on tiiviisti mukana tässäkin projektissa.

VLBI-mittauksiin sopivia satelliitteja kehitetään ainakin Japanissa, Euroopassa ja Yhdysvalloissa.

Suunnitteilla on myös VLBI-teknikkaa hyödyntäviä infrapuna-alueen satelliittiryhmiä. Esimerkiksi ESA valmistelee jo tällaisen satelliittiryhmän lähettämistä.

Huygensin monitorointi valtaisa menestys

Huima näyttö VLBI-teknikan tarkkuudesta saatiin, kun sillä monitoroitiin 14.1.2005 maasta käsin ESA:n Huygens-luotaimen laskeutuminen Saturnuksen Titan-kuuhun. Noin 1,2 miljardin kilometrin päästä tehdyn mittauksen tarkkuus häkellyttää: laskeutumisnopeutta seurattiin 0,3 m/s tarkkuudella ja rataa noin kilometrin tarkkuudella!

Alkujaan tämä maasta käsin tehty mitaus ei kuulunut lainkaan suunnitelmiin; koko idea keksittiin vasta, kun NASA:n Cassini-Huygens -luotain oli jo taittanut suuren osan seitsemän vuoden matkastaan Saturnukseen.

Mittaus tehtiin kuuntelemalla eri puolilla maailmaa olevilla radioteleskoopeilla Huygens-luotaimen Cassini-emoalukseen lähettämää radiosignaalia. Se oli hyvin heikkoa, koska alkujaan sillä oli tarkoitus siirtää luotaimesta tietoa vain läheiseen emoalukseen, jossa puolestaan oli tehokkaat lähettimet datan välittämiseen edelleen Maahan.

Tämä VLBI-mittaus osoittautui huimasti ennakoitua tärkeämmäksi, koska varsinainen luotaimen nopeutta ja paikkaa mittaava järjestelmä petti täysin, kun toinen luotaimen ja emoaluksen välisistä radio-kanavista jäi käynnistämättä. Möhläys havaittiin pari tuntia liian myöhään, koska valonnopeudella etenevän radiosignaalin matkaan luotaimen ja Maan välillä kului tunti ja seitsemän minuuttia.

Virheen vuoksi menetettiin laskeutuvan luotaimen nopeus- ja paikkatietojen lisäksi myös puolet sen ottamista valokuvista. Valokuvat menetettiin lopullisesti, mutta VLBI-mittauksen ansiosta luotaimen rata saatiin kaikesta huolimatta tarkasti talteen ja siitä voidaan laskea myös Titanissa vallinneet tuuliolosuhteet. Näin VLBI-mittaus pelasti suuren osan koko projektista.

Pelastuksena Metsähovin tiedonkeruuteknikka

Koska Saturnus oli laskeutumisen aikaan jotakuinkin Havaijin yläpuolella, ei maapallon takaa Suomesta ollut näköyhteyttä Saturnukseen, eikä Metsähovin oma teleskooppi voinut osallistua mittaukseen.

Mittausta hankaloitti myös se, että Tyyneellä valtamerellä ei Havaijia lukuunottamatta ole radioteleskooppeja. Avainasemassa olivatkin Amerikan länsirannikon sekä Kiinan, Japanin ja Australian radioteleskoopit. Ongelmana oli myös se, että australialaisten käytössä ei ollut valtavien tietomäärien nopeaan tallentamiseen sopivaa tekniikkaa.

Australialaisten tallennusongelma ratkaistiin käyttämällä Metsähovissa kehitettyä tiedonkeruuteknikkaa. Metsähovilaiset olivat tiiviisti mukana myös sekä mittauksen suunnittelussa että mitaustietojen siirrossa ja niiden analysoinnissa. He vastasivat tietojen siirrostä Australiasta ja Japanista JIVE-korrelointikeskukseen (Joint Institute for VLBI in Europe) Hollantiin. Kaikkiaan mittaukseen osallistui 17 radioteleskooppia.

Koska kaikilla mittaukseen osallistuvilla oli kova hinku nähdä, miten hyvin mitaus onnistui, Australiassa vuokrattiin pienlentokone, joka kiersi teleskooppiasemat ja

poimi mukaansa levyasemat, joilla oli Metsähovin kehittämällä tekniikalla tallennetut mitaustiedostot. Tiedostot välitettiin sitten Sydneystä Eurooppaan upouudella gigabitiliuokan runkolinjalla.

Kun Huygens laskeutui – tai oikeammin, kun siitä kertova data ehti Maahan asti – Suomessa kello näytti 14.45. Seuraavan yön Ari Mujunen ohjasi kotoaan käsin tiedonsiirtoa Australiasta Hollantiin. Ja jo seitsemältä aamulla valmistuivat ensimmäiset mitaustulokset, jotka osoittivat, että mitaus oli onnistunut erinomaisesti.

Planck maalaa kaukaisen menneisyyden maiseman

Viime kädessä Metsähovin tutkimuksessa kolutellaan jo kosmologian ovia. Tuohan kvasaaritutkimus vastauksia esimerkiksi maailmankaikeuden syntyä, ikää ja alkurakenteita koskeviin kysymyksiin. Kosmologiaa sivuaa myös Metsähovin ja Tuorlan yhteinen projekti, jossa kerätään tietoa Euroopan avaruusjärjestö ESA:n Planck-teleskooppisatelliitin työn pohjaksi.

Planck'in tehtävänä on kartoittaa kolmen Kelvinin kosmisen mikroaaltotaustäteilyn määrä mahdollisimman tarkoin koko taivaan alueella. Käytännön tavoite on 90 prosenttia taivaasta. Herkkyyden lisäämiseksi kartoitus tehdään kahteen kertaan. Työn arvioidaan vievän yli 15 kuukautta.

Taustasäteilyn spektri noudattaa varsin tarkasti Max Planck'in vuonna 1900 kehittämän säteilylain mukaista mustan kappaleen säteilyä. Hyvin tarkasti mitattaessa kuitenkin havaitaan, että taustasäteilyä ei tule tasaisesti kaikista suunnista, vaan säteilylämpötilassa on aivan pikkuruusia vaihteluita.

Kartoituksen tavoitteena on tuottaa säteilyn vaihteluista hyvin tarkka kartta, joka tuo lisää tietoa esimerkiksi avaruuden ikää ja laajanemista sekä pimeää ainetta koskevien teorioiden tueksi.

Itse taustasäteilyn kartoituksen ohessa saadaan arvokasta tietoa etualan radio-säteilijöistä, kuten radiogalakseista, tähtienvälisistä kaas- ja pölypilvistä sekä pulsareista.

Ongelmana on kuitenkin toisaalta juuri se, että pohjattoman avaruuden edessä on paljon voimakkaasti säteileviä kohteita, joiden vaikutus mitatun säteilyn kokonaismäärään on pystyttävä erottaamaan itse taustasäteilystä. Tätä varten tarvitaan tarkkaa tietoa etualan kohteiden kirkkaudesta. Metsähovin tehtävänä on kartoittaa tiettyjen kvasaarien kirkkaus.

Kehitteillä on myös järjestelmä, joka antaa tutkijoille pikaisesti ilmoituksen kaikista Planck'in havaitsemista odottamattoman kirkkaista kohteista, jotta niitä päästään nopeasti tutkimaan tarkemmin.

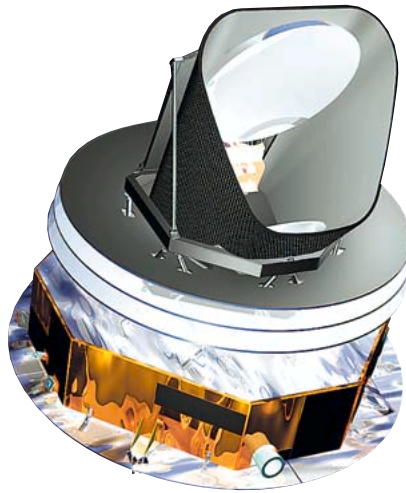
Mukana suomalaisia huippuvastaanottimia

Planck on valtavasti herkempi kuin aikaisemmin vastaavanlaista kartoitusta tehneet COBE- ja WMAP -satelliitit. Satelliitissa on yhteensä 102 vastaanotinta, jotka toimivat laajalla 30–857 GHz taajuusalueella siten, että kullakin valitulla yhdeksällä eri mittaustaajuudella toimii useita vastaanottimia. Laajan taajuusalueen kartoitus helpottaa osaltaan etualan lähteiden poistamista.

Planck-satelliitin 70 GHz:n vastaanottimet (12 kpl) rakennetaan Suomessa. Niiden suunnittelussa ja valmistuksessa ovat mukana MilliLab, Ylinen Electronics sekä Metsähovi. MilliLab (Millimetre Wave Laboratory of Finland) on TKK:n ja VTT:n yhteinen laboratorio, jolla on ESA:nkoisen laboratorion status.

Heikon kosmisen taustasäteilyn mittauksessa tarvitaan noin miljoonakertainen vahvistus. Koska säteily on hyvin 'kylmää' (3 °K eli -270 °C), myös vastaanottimien etuasteiden on oltava kohinan vähentämiseksi ja suuren herkyyden saavuttamiseksi hyvin jäähdetyttyjä (20°K). Nämä integroiduista millimetrialueen piireistä koostetut vastaanottimet ovat vain tulitikkurastian kokoisia.

Planck on tarkoitus laukaista avaruuteen Ariane 5 kantoraketilla vuonna 2007 yhdessä Herschel-satelliitin kanssa. Satelliittien tiet eroavat laukaisun jälkeen ja ne toimivat toisistaan riippumatta.



kuva: Alcatel

Planck asetaan kiertämään synkronista elliptistä rataa Maa-Auringonjärjestelmän ympäri sen toisen Lagrangen pisteen mukana (L2), joka on eräänlainen painovoimakuoppa 1,5 miljoonan kilometrin päässä Maasta, Auringosta pois päin – linjassa Maan ja Auringon kanssa.

Näin teleskooppi voi 'Maan suojassa Auringolta' katsoa kohti avaruutta siten, että hajasäteilyä tulee mahdollisimman vähän, lämpötila on tasainen eikä edessä ei ole havaintoja häiritseviä esteitä.

Maailman suurin avaruuspeili Tuorlasta

Myös Herschel on monin tavoin mielenkiintoinen satelliitti. Se on ensimmäinen kokonaan eurooppalainen avaruuskaukoputkihanke ja sen 3,5-metrinen piikarbidipeili on maailman suurin avaruuskaukoputken peili. Se on myös maailman ensimmäinen avaruuspeili, joka pystyy mittaamaan niin lyhyitä radioaaltoja kuin pitkiä infrapuna-aaltojakin. Peilin hioi ja kiillotti ranskalaisesta aihosta Tuorlan observatorion yhteydessä toimiva Opteon Oy. Peilin rahtaukseen tarvittiin maailman suurin rahtikone, Airbus A300-600ST. Melkoinen pullukka!

Kaukoputken tulee kaksi infrapunakameraa ja spektrometri. Kameranäkövälineet kauas ja spektrometri selvittää kohteiden kemiallisen koostuksen. Koska lämpösäteilyn rekisteröijän on itse oltava kylmä, laitteet jäähdetytään nesteheliumilla alle -271°C asteeseen.

Satelliitin kaima, muusikko ja tähtitieteilijä William Herschel, keksi lämpösäteilyn eli infrapunan vuonna 1800. Infrapunalla voidaan havainnoida avaruuden

pölyn ja kaasupilvien läpi ja sillä nähdään myös kylmät kohteet – säteilehän optisille kaukoputkille monesti näkymätön jääkin infrapunaa.

Satelliitilla tutkitaan tähtien ja galaksien syntyä. Yksi päätehtävistä on jäljittää maailmankaikeuden ensimmäiset tähdet.

Antimateriaa ja pimeää ainetta. Entäpä älyä?

Metsähovi on myös osallistunut projekteihin, joissa etsitään antimateriaa ja pimeää ainetta avaruudesta. Muistan hämärästi lukeneeni jostakin jostakin selkeästäkin, että töällä harrastettaisiin myös älyllisyyden etsintää ulkoavaruudesta. Mutta eihän täällä mitään sellaista tehdä. Eihän?

"Mistä sä luulet, että me toi Jouko löydettiin?", Tornikoski kysäisee. ■

Merjan www-sivut todellinen aarreaitta

On pakko kehua hieman Metsähovin www-sivuja: <http://kurp.hut.fi/>

– mutta aivan erityisesti aseman henkilöstöesittelyn kautta löytyviä dosentti Merja Tornikosken omia henkilökohtaisia sivuja: <http://users.tkk.fi/~mtt/>

Sivuilla on paljon asiaa, joka liittyy Merjan omiin rakkaisiin harrastuksiin, kuten urheilusukellukseen, papukaijoihin, belgianpaimenkoiriin sekä ratsastukseen, mutta sukelluskuvien ja mainioiden koira-psykologian vihjeiden ohella juuri sieltä löydät linkit aivan minne vain tähtitieteen ja avaruuden tutkimuksen maailmassa. Ja onpa siellä Merjan pitämiä luentoja ja esitelmiäkin.

Merjan sivuilla kannattaa ehdottomasti käydä. Mutta kasaa sitä ennen työasemasi ääreen kunnon eväät! Ruokaa ja juomaa riittävästi! Linkejä on monessa portaassa ja joka kerroksessa niitä on metritolkulla. Tiedätkö muuten missä on Internetin äärimmäinen pää? Merjan linkeistä löytänet sinnekin! ■