



Pekka Tätilä

**Stuorrahanoaivi –  
ikiaikainen kolmiopiste.  
Paalu kertoo Struven  
ketjusta 1850-luvulta,  
latomus 1900-luvun alun  
mittauksista ja torni on  
1970-luvulta.**

# Suomen kolmiomittauksista

## – Struvesta satelliitteihin

**Pekka Tätilä**

**Struven ketju  
edustaa kymmenen  
maan yhteisenä  
kohteena maailmanperintölistalla  
tieteen ja tekniikan  
historiaa.**

**GEODESIALLA** ja kolmiomittauksella on Suomessa pitkät ja kunniaakkaat perinteet. 1700-luvulla Tornionjokilaakso oli maailmaan polttopisteessä, kun **Maureritius** selvitti siellä astemittauksellaan, onko maapallo litistynyt. 1800-luvulla taas Struven astemittauksella määritettiin tarkkaan maapallon muotoa. Ketjun merkitystä kuvaa sen ottaminen vuonna 2005 Unescon maailmanperintölistalle. Se edustaa kymmenen maan yhteisenä kohteena listalla tieteen ja tekniikan historiaa. 1900-luvun suomalaisella geodesialle antoivat taas oman leimansa muun muassa monet maailman maineeseen nousseet suomalaiset geodeetit, kuten **Yrjö Väisälä** ja **Weikko A. Heiskanen**.

Tässä kirjoituksessa keskitytään Suomen valtakunnallisiin kolmiomittauksiin, eli eri aikoina luotuihin kansallisiin kolmiopisteistöihin sekä niiden koordinaattijärjestelmiin. Topografisia kartoitustöitä varten kolmiomittauksia alettiin Suomessa tehdä laajemmin vasta 1900-luvulla. Vanhemmista mittauksista on kuitenkin mainittava Struven eli venäläis-skandinaavisen astemittauksen lisäksi Venäjän meriministeriön hydrografian toimiston **Schubertin** johdolla 1828–1838 suorittama ns. balttilainen kolmiomittaus, josta osa kulki Suomenlahden rannikkoa Viipurista Ahvenanmaalle. Myös Venäjän topografikunta teki 1800-luvun loppupuolella ja 1900-luvun

alussa Suomessa kartoituksia varten kolmiomittauksia.

### Perinteistä kolmiomittausta

Suomen itsenäisyyden myötä maanmittaushallitus aloitti systemaattiset kolmiomittaukset kartoitusten pohjaksi. Tämän ensimmäisen kierroksen voidaan katsoa kestäneen aina 1960-luvulle asti. Sen yhteydessä luotiin maahan ns. Helsingin järjestelmään perustuva kolmioverkko. Työnjaoksi muodostui vähitellen, että vuonna 1918 perustettu Geodeettinen laitos mittasi perusverkon eli ensimmäisen luokan ketjut ja maanmittaushallitus tihensi verkon II luokan tornipisteillä ja ”puunlatvamärkeillä”.

1930-luvulta alkaen maanmittaushallitus tihensi geodeettisen laitoksen ketjujen väliin jääviä silmukoita ensin pääluokan kolmiopisteillä, ja sitten verkko tihennettiin edelleen II luokan pisteillä. Maaston ja erityisesti puuton takia lähes kaikki I ja II luokan mittaukset jouduttiin tekemään kolmiomittaustorneja käyttäen. Puunlatvamerkkit leikattiin kulmahavainnoilla näistä torneista. Kaikkiaan 1960-luvulle tultaessa pisteistö käsitti noin 2 200 tornipistettä ja 11 000 puunlatvapistettä.

### Etäisyydenmittaus mukaan

Kolmiomittaukseen tuli 1960-luvun alussa aivan uusia mahdollisuuksia. Elektroniset ja elektro-optiset etäisyydenmittauslaitteet mahdollistivat kolmion sivujen pituuden mittaukset ja tietokoneet tulivat avuksi laskentaan. Silloin todettiin myös, että aikaisemmat pääluokan pisteet eivät muodostaneet riittävää pohjaa kolmioverkon täydentämiselle. Vuonna 1962 maanmittaushallituksen Geodeettinen toimisto aloittikin pääluokan eli I b -luokan verkkojen suunnittelun ja mittauksen koko maan kattavasti. Näiden verkkojen laskenta yhtenäiseen järjestelmään oli tullut mahdolliseksi, kun Geodeettinen laitos oli saanut valmiiksi silmukoista muodostuvan I luokan kolmioverkon koko maan alueelle.

Vuosina 1962–1975 mitattiin 157 I b -luokan pistettä kattaen eteläisen Suomen Kemin–Kuusamon korkeudelle asti. Geodeettinen laitos täytti silmukoiden välit pohjoisempaan. Keskimääräinen sivunpituus pääluokan verkoissa oli 28 km.

Myös II luokan kolmioverkko tihennettiin aikaisempia periaatteita noudattaen pääluokan verkon alle, ja näissäkin verkoissa mitattiin myös kaikki sivut. Huomattavin muutos oli puunlatvamerkkien korvaaminen III luokan pisteillä. Niitä tehtiin joko ”maapisteinä”, jolloin niiltä ha-

vaittiin kulmat ja etäisyydet ympäröiviin kolmiopisteisiin tai mastopisteinä, jolloin kulmat ja etäisyydet mitattiin ulkopuolisilta tornipisteiltä erityisiin siirrettäviin metallimastoihin, joiden huipussa oli tähys ja prisma.

Kaikki tasoitukset tehtiin tietokoneilla käyttäen pienimmän neliösumman periaatetta. Koordinaattijärjestelmäksi vahvistettiin 1970-luvun alussa kartastokoordinaattijärjestelmä (kkj), joka on Geodeettisen laitoksen I luokan tasoitukseen perustuva ”homogenisoitu” versio aikaisemmasta Helsingin järjestelmästä. Karttaprojektiona kkj:ssä on Gauss–Kruger kolmen asteen kaistoin, ellipsoidi on Hayfordin ellipsoidi. 1980-luvun puoliväliin tullessa tähän uudistettuun kolmioverkkoon oli mitattu noin 2 000 I ja II luokan pistettä ja 8 000 III luokan pistettä.

### Satelliitti aika

Suomen Maanmittauslaitos otti eräänä ensimmäisistä maailmassa GPS-satelliittimittaukset tuotantokäyttöön kolmiopisteiden mittauksessa. Vuoden 1986 keväällä vuokrattiin viisi vastaanotinta ja samana vuonna rakennettiin viimeiset kolmiomittaustornit. Seuraavana maastokautena vastaanottimia oli käytössä kuusi ja satelliittimittaukset korvasivat parissa

vuodessa kokonaan perinteiset kolmiomittausten menetelmät.

Satelliittimittauksella määritettiin tasokiintopisteitä kartastokoordinaattijärjestelmän mukaiseen kansalliseen verkkoon aina 2000-luvun alkupuolelle asti. Silloin otettiin kolmiomittauksissa käyttöön yleiseurooppalainen ETRS:n mukainen realisaatio EUREF-FIN. Pisteet on viety tietokonepohjaiseen pisterekisteriin. Kaikkiaan rekisterissä on kkj:ssä määritettyjä pisteitä I lk 550, II lk 2 700 ja III lk 22 000 kappaletta.

Vuodesta 2004 lähtien pisteet on laskettu ja viety rekisteriin EUREF-FIN-järjestelmässä. Tässä järjestelmässä määritettyjä pisteitä on tähän mennessä mitattu: I lk 440, II lk 2 400 ja III lk 600 kappaletta. Myös kaikille kartastokoordinaatistossa mitatuille pisteille saadaan muunnoksilla Euref-koordinaatit.

### Koordinaattijärjestelmät

Kuten edellä on käynyt ilmi, Suomessa on ollut käytössä kolme valtakunnallista koordinaattijärjestelmää. 1900-luvun alkupuoliskolla yleiset kartastotyöt tehtiin *Helsingin järjestelmässä*. Siinä oli käytössä Hayfordin vertausellipsoidi ja koordinaatiston lähtöpisteinä oli Helsingin tähtitorni. Orientointi saatiin I luokan



Magnus Scharmanoff

**Suomen Maanmittauslaitos otti eräänä ensimmäisistä maailmassa GPS-satelliittimittaukset tuotantokäyttöön kolmiopisteiden mittauksessa.**

kolmiosivusta Kallion kirkko – Falkberg. Helsingin järjestelmän kolmioverkko ulotettiin vähitellen yli koko maan samassa tahdissa kun Geodeettisen laitoksen I luokan kolmioverkko valmistui. Järjestelmä otettiin käyttöön jo 1920-luvulla Pohjois-Suomessa Struven ketjun välityksellä.

Helsingin järjestelmän heikkoutena oli sen orientointi ja osatasoitusten aiheuttamat epätarkkuudet I luokan kolmioverkossa. Kun Geodeettinen laitos sai vuonna 1966 valmiiksi I luokan verkon yhtenäisen tasoituksen, oli mahdollista käyttää sen sisäinen tarkkuus hyväksi. Kun ei kuitenkaan haluttu mennä täysin uuteen järjestelmään – esimerkiksi ED50-järjestelmään, jossa I luokan verkko oli tasoitettu – niin valittiin mahdollisimman lähellä Helsingin järjestelmää oleva järjestelmä. Tällöin ei myöskään tarvinnut luopua muista olemassa olevan kartaston perusteista. Uusi järjestelmä, *kartastokoordinaattijärjestelmä (kkj)*, toteutettiin tekemällä ensimmäisen asteen lineaarinen muunnos. Tällä I luokan verkko saatiin yhtymään Helsingin järjestelmään mahdollisimman hyvin. Maa- ja metsätalousministeriö vahvisti vuonna 1970 maanmittaushallituksen päätöksen ottaa kartastokoordinaattijärjestelmä käyttöön yleisissä kartastotöissä. Valtakunnallisten kolmiomittausten kautta se vakiintui myös useimpien kuntien järjestelmäksi.

Suomeen realisoitiin 1990-luvun lopulla yleiseurooppalainen ETRS89-järjestelmä mittaamalla 100 pisteen verkko. Tämä realisaatio on nimeltään *EUREF-FIN*. Vuonna 2002 annetussa Julkisen hallinnon suosituksessa suositellaan tämän järjestelmän mukaisten koordinaattien käyttöä Suomessa paikatiedon tuotan-

nossa. Yleiseurooppalaisen järjestelmän käyttöönotto ja erityisesti sen kanssa käytettävä karttaprojektio vaikuttavat myös maastokarttojen julkaisemiseen. Valtakunnallisissa kartastotöissä on siirrytty käyttämään kansainvälisiin suosituksiin perustuvaa ETRS-TM35FIN-karttaprojektiota ja tasokoordinaattijärjestelmää. Se on muuten täysin UTM-projektion mukainen, mutta kaistaa 35, jonka keskimeridiaani on 27 astetta, sovelletaan levennettynä koko Suomen alueella. Muun muassa Maanmittauslaitos ja puolustusvoimat ovat ottaneet kartastotöissään käyttöön ETRS-järjestelmän. Niihin tehtäviin, joihin leväkaistainen UTM-projektio ei suurten projektiokorjaustensa vuoksi sovellu, voidaan paikallisesti käyttää Gauss–Krüger-projektiota yhden asteen kaistaväleihin. Kartastokoordinaattijärjestelmän (kkj) ja ETRS-FIN-koordinaatiston välille on johdettu myös muunnokset, joita käyttämällä osa kartastokoordinaattijärjestelmän vääristymistä saadaan eliminoiduksi.

Järjestelmien luonti ja käyttöönotto on ollut voimakkaasti sidoksissa teknisten menetelmien kehityksen kanssa. Perinteisistä kolmiomittausten menetelmistä on siirrytty satelliittimäärityksiin. Uusimpien globaalien, huipputarkkojen ja homogeenisten järjestelmien myötä voisi kuvitella, että tulevaisuudessa uusia järjestelmiä ei enää tule eikä tarvita, mutta historiasta voidaan todeta, että aikaisempienkin järjestelmien synnyttämisessä mukana olleet ovat usein ajatelleet samoin.

**Kirjoittaja on yli-insinööri Maanmittauslaitoksessa, sähköposti pekka.tatila@maanmittauslaitos.fi.**

## Jyrki Puupponen ja Jaakko Järvinen

**”Hyvin menee, hyvin menee, hieman vasemmalle. Ota vähän kevyemmin”**,

antaa emeritusprofessori **Jussi Kääriäinen** ohjeita filosofian tohtori **Matti Ollikaiselle** keruussään invarlankaa auki säilytyskotelosta yli 20 vuoden tauon jälkeen.

Olemme Nummelan normaaliperusviivalla kuvaamassa dokumenttielokuvaa kolmiomittauksista. Kolmiomittauksia käytettiin satojen vuosien ajan niin tieteellisissä kuin käytännön mittauksissakin, kunnes niiden käyttö loppui 1980-luvun loppupuolella kokonaan GPS-mittausten yleistymisen myötä.

Meille nuoremman polven maanmittareille kolmiomittaukset edustavat jotain hyvin eksoottista ja kiehtovaa menetelmää mitata koordinaatteja. Normaaliperusviivalla pääsemme tutustumaan tekniikkaan ja laitteisiin, joilla pitkiä etäisyyksiä on aikoinaan mitattu. Punttimiesten ja statiivimiesten tehtävät tulevat nopeasti tutuiksi osana invarlankamittausten käytännön toteutusta. Ennen elektronisia etäisyysmittareita pitkien etäisyyksien mittaaminen on ollut erittäin haastavaa ja tarkkuutta vaativaa työtä.

Korpilahden kuntaan, Puolakkaan, on rakennettu Maanmittauslaitoksen ja Geodeettisen laitoksen yhteistyönä kolmiomittausten muistotorni perinteikkään kolmiomittauspaikan kunniaksi. 1800-luvulla mitatun Struven ketjun piste sijaitsee kyseisellä vuorella, samoin kuin Oravivuoren I luokan kolmiopistekin.

Paikka soveltuu kulmien havaitsemisen demonstroimiseen erinomaisesti. Professori **Markku Poutasen** ja emeritusprofessori **Jussi Kääriäisen** johdolla pääsemme tutustumaan niin heliotroopin kuin teodoliitinkin toimintaperiaatteisiin sekä laitteiden merkitykseen kulmanmittauksessa.

Lopuksi pystytämme meridiaanikojeen Geodeettisen laitoksen pihalle, kuvitteelliselle mittauspäikälle astronomisia eli tähtitieteellisiä mittauksia varten. Kivelle pystytetyn kojeen käytön tarkoitus selviää eläkkeellä olevan filosofian tohtori **Matti Ollikaisen** opastuksella. Kronometri tikittää aikaa havaitsijan vierellä samalla, kun hän luettelee tähtien ylikulkuaikoja kaukoputken näkökentässä.

Kaikki edellä kuvatut mittausten menetelmät ovat osa kolmiomittauksia. Tekniikoilla on ollut tärkeä rooli kansallisen KkJ-koordinaatistomme luonnissa. KkJ-



Pekka Lehtonen