

Pekka Tätilä

# SATELLIITTIMITTAUS – missä mennään

GPS-satelliitteja on käytetty mittauksiin jo lähes 20 vuotta. Maanmittauslaitos suoritti ensimmäiset testit Suomessa vuonna 1983. Alun kiintopistemittauksista on päästy tehokkaaseen ja tarkkaan yksityiskohtien mittaukseen ja paikannukseen. Amerikkalainen GPS on siten päässyt tuotantovaiheeseen. Myös venäläisten GLONASS-satelliitit ovat pysyneet kilpailussa mukana. Uutena toimijana alalle on tulossa EU eurooppalaisella Galileo-järjestelmällä.

**E**nää ei ole mikään uutinen, että GPS on vakiinnuttanut paikkansa runkomittausten suorittamisessa. Viimeiset kolmiomittaustornit rakennettiin 80-luvun puolivälissä. Liekö montakaan vuosikymmenien saatossa rakennetuista torneista enää pystyssä. Suomessa Maanmittauslaitos korvasi perinteisen kolmiomittauksen kokonaan GPS:llä jo vuonna 1986 yhtenä ensimmäisistä maista maailmassa.

Tähän mennessä satelliittipaikannuksella on mitattu Suomessa yli 10 000 valtakunnallista tasokiintopistettä. Näitä voitaisiin kutsua edelleen myös kolmiopisteiksi, sillä mittausten peruserusteet ovat säilyneet entisellään. Tarvitaan ylimääräisiä määrittämiä, verkkojen geometrian pitää olla tasapainoinen, leikkausten pitää olla optimaalisia. Asetelma vain on kääntynyt ylösalaisin. Satelliitit ovat ikään kuin kolmiomittauksia, joihin havainnot tehdään radiosignaalien avulla. Perinteisessä kolmiomittauksessa havaitsevat keräsi kulma- ja etäisyyshavaintonsa tornissa mitaten.

Vuosien varrella GPS:n käyttö on lisääntynyt kiihtyvällä vauhdilla myös paikantamisessa ja kartoituk-

sisissa. RTK eli Real Time Kinematic on nykyajan kiireisen paikantajan taikasana. Myös satelliittijärjestelmät ovat muutoksessa. GPS:n tahallisesta häirinnästä luovuttiin ja uuden sukupolven satelliitit ovat käytössä vuosikymmenen lopulla. EU on yhdessä

ESA:n kanssa rakentamassa omaa Galileo-paikannussatelliittiensä järjestelmää.

## GPS:n kehitys

GPS:n tähänastinen kehitys voidaan jakaa noin kymmenen vuoden jaksoihin.

*Aloituvaiheessa* (1973–81) oli käytössä vain 4 satelliittia. Silloin suoritettiin pääasiassa järjestelmän testausta ja kokeiluja. Sen ajan vastaanottimet olivat suuri-kokoisia ja päivittäin havaintoaikaa oli vain muutama tunti – osan vuotta sekin aika oli yöllä.

1980-luku oli järjestelmän *kehittämisen aikaa*. Vuosikymmenen lopulla käyttöön tuli myös uudistettuja satelliitteja (Block II). Havaintojen teko liikkuvilla laitteilla eli kinemaattiset menetelmät otettiin käyttöön ja OTF-ratkaisut (On the Fly) tulivat mukaan.

Kehitystä 1990-luvulta nykypäiviin on leimannut tosiaikaisten eli RTK-menetelmien käyttöönotto. Tämä



**Ossi Jokinen käynnistämässä RTK-tukiasemaa kiintopisteellä 92M5555 Hausjärven Kurussa...**

on ollut GPS:n *vakiinnuttamisen kautta*. Käyttöön otettiin taas uuden sukupolven satelliitit (Block IIA) ja ihan vuosikymmenen lopulla Block IIR. Havaintolaitteet ovat pienentymistään pienentyneet samalla kun tarkkuudet ovat lisääntyneet – onpa GPS-rannekellokin jo markkinoilla. Toinen kehityssuunta on ollut se, että erilaiset korjauspalvelut ovat vakiinnuttaneet paikkansa.

Toukokuun 1. päivänä 2000 poistettiin järjestelmän tahallinen häirintä SA (Selective Availability). Sen avulla järjestelmän ylläpitäjä USA:n puolustushallinto oli taannut tarkimmat paikannukset vain omaan käyttöönsä. 2000-luvulle tultaessa on esitetty myös suunnitelmat koko järjestelmän uusimisesta. Uuden sukupolven satelliitteihin (Block IIF) tulee muun muassa kolmas taajuus siviilikäyttöön. Ensimmäiset IIF-satelliitit on tarkoitus laukaista radalleen vuonna 2003 ja koko järjestelmä koostuisi niistä vuonna 2010. Vasta nyt voidaan sanoa, että GPS:n käytössä ollaan siirtymässä varsinaiseen *tuotantovaiheeseen*.

### Mittausmenetelmät

GPS-mittauksissa voidaan tehdä jako absoluuttiseen ja suhteelliseen mittaukseen. Absoluuttisessa mittauksessa paikannus tehdään yhdellä vastaanottimella. Suhteellisessa mittauksessa oman mittauskojeen havaintojen lisäksi tarvitaan yhdeltä tai useammalta muulta kojeelta saatavia havaintoja tai korjauksia. Tällä järjestelyllä monet signaalin kulkuun tai vastaanottiin vaikuttavat häiriöt saadaan kumoutumaan tai virheitä voidaan pienentää.

Suhteellinen eli differentiaalinen GPS, DGPS voidaan puolestaan jakaa ”perinteiseen” ja ”tarkkaan”. Perinteisessä DGPS:ssä on käytössä koodihavainto eli paikannus perustuu signaalin kulku-aikaan satelliitista vastaanottiin. Korjaus saadaan yleensä radiosignaalin jostakin ulkopuolisena palveluna, kuten Suomessa Digita Oy:n FOKUS-palvelusta tai merenkululaitoksen korjausviestistä. Korjaus voidaan liittää havaintoihin myöskin jälkilaskennassa.

Niin sanottu tarkka DGPS perustuu satelliittisignaalien vaihe-erojen havaitsemiseen.

Korjaus saadaan reaaliaikaisena joko joltakin tukiasemalta tai tukiasemien verkosta.

Tällöin puhutaan RTK-mittauksista (Real Time Kinematic). Tarkkaa DGPS-mittausta voidaan tehdä myös jälkilaskentaan tukeutuen. Silloin havaintovai-

heessa jäävät pois korjausviestin vastaanottamisesta ja -lähettämisestä usein aiheutuvat murheet. RTK-menettelyssä juuri radiolinkki liikkuvan aseman ja tukiaseman välillä on haavoittuvuin osa.

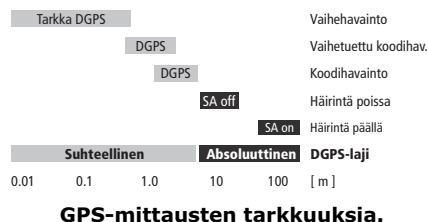
DGPS-menetelmiä käytettäessä mittausjärjestelyissä voi olla useita eri sovelluksia ja niiden yhdistelmiä esimerkiksi seuraavien vaihtoehtojen joukosta:

- jälkilaskenta/reaaliaikainen
- laskenta toimistossa/maastossa
- yksisuuntainen / kaksisuuntainen yhteys tukiasemaan
- pysyvä tukiasema / tilapäinen tukiasema
- laskenta tukiasemalla / laskenta liikkuvalla
- yksi tukiasema / tukiasemien verkko
- kiinteä tukiasema / virtuaalitukiasema.

### Satelliittimittauksen trendejä

Tarkoissa DGPS-mittauksissa havaitsija on joutunut itse huolehtimaan molempien päiden havaintojen keräämisestä ja käsittelystä. Staattisessa mittauksessa osa kojeista on viety tunnetuille pisteille osa uusille, määritettäville pisteille. Samoin RTK-menetelmää käytettäessä on pitä-

**...ja tallentamassa rajamerkin koordinaatteja RTK-laitteiston "roverilla".**



nyt kantaa huoli sekä liikkuvasta laitteesta että tukiasemasta. Maailmalla ovat kuitenkin yleistyneet erilaiset tukiasemapalvelut. Joko paikallisesti toimivat asemat tai laajempien alueiden asemaverkot tarjoavat palvelujaan yksittäiselle mittaajalle.

Jälkilaskentaa varten on saatavissa dataa jatkuvasti toimivilta tukiasemilta. Oma data käsitellään sen avulla. Pitämälle vietynä palvelu hoitaa myös laskennan. Raakadata vain lähetetään palvelun tarjoajalle ja paluupostina saadaan valmiiksi lasketut ja analysoidut tulokset. Kaikki tämä liikenne tapahtuu tietysti Internetin välityksellä.

Perinteisen DGPS:n käyttäjille reaaliaikaista korjausviestiä on ollut saatavissa jo pitkään. Myös tarkan DGPS:n eli vaihehavaintoihin perustuvan paikannuksen korjauspalvelu on toteutettu monessa maassa pysyvän asemaverkon avulla. Tällöin yksittäisen havaitsijan ei tarvitse enää pystytellä referenssiasiemiaan, vaan hän voi paikantaa itsensä kiinteän asemaverkon kautta joka hetki tarkasti virallisessa koordinaattijärjestelmässä. Asemaverkon avulla laskettu korjaus perustuu yleensä sen kiinteiden asemien suhteen laskettuihin alueellisiin korjauksiin. Uusimmissa sovelluksissa kiinteiden asemien järjestelmä ratkaisee liikkuvalla käyttäjälle koko ajan hänen sijaintinsa mukaisen korjauksen, eli hänen oma laitteensa toimii samalla virtuaalitukiasemana.

Satelliittimittaus ja -paikannus on korvannut perinteisiä mittausmenetelmiä. Kolmiomittaus torneineen on historiaa. Pienet käsipaikantimet ovat korvaamattomia navigointivälineitä vapaaajan liikkumisessa niin maalla kuin merelläkin. Kuitenkin tässä kehityksen myllerryksessä on syytä muistaa, että satelliittimenetelmilläkin on rajoituksensa. Suomen oloissa pahin on peitteinen maasto ja katveet yleensä. Siten muitakin mittaustekniikoita tullaan tarvitsemaan, eikä voida yksistään jättäytyä satelliittiajan ”mustan laatikon” varaan. Se kyllä tarjoaa koordinaatteja huonoissakin mittausolosuhteissa, mutta myös niiden käyttökelpoisuudesta joutuu vastuun ottamaan laitteen käyttäjä.

**Kirjoittaja on yli-insinööri Maanmittauslaitoksessa. Sähköposti: pekka.tatila@nls.fi.**