

dyt ovat arvioinnin mukaan keskimäärin 27–42 miljoonaa euroa jäsenvaltiota kohden (EU-25). Arvioinnissa todetaan, että mainittujen tekijöiden muodostaessa vain osan kokonaisuudesta, voidaan päätellä, että hyödyt ovat merkittävästi suuremmat kuin niiden vaatimat investoinnit.

Ehdotuksessa monet täytäntöönpanoon liittyvät yksityiskohdat, on esitetty hyväksyttäväksi vasta myöhemmin ns. komiteamenettelyssä, mistä syystä direktiivin vaikutuksia ei voida tässä vaiheessa tarkasti ja kattavasti arvioida.

Direktiiviehdotuksen käsittely

Direktiiviehdotuksen julkistamisen jälkeen sen hallinnollisesta käsittelystä sovittiin Suomessa ministeriöiden kesken osana normaalia EU-asioiden hoitoa. INSPIRE-ehdotus kuuluu EU:ssa ympäristöhallinnon toimialaan, mutta se on sisällöllisesti pääasiassa paikkatietojen yhteiskäytön kehittämistä. Suomessa asian hallinnollisesta valmistelusta vastaa maa- ja metsätalousministeriö yhteistyössä ympäristö- sekä liikenne- ja viestintäministeriön kanssa.

Hallinnollisen valmistelun yhteydessä ehdotus on esitelty eduskunnalle ja EU-asioiden koordinaatioon liittyvälle ympäristöjaostolle. Ehdotuksesta on myös pyydetty kommentteja ja palautetta monissa eri yhteyksissä. Suomen kansallinen kanta muotoutuu ehdotuksesta saatujen palautteiden pohjalta. Suomessa yhden ehdotuksen arvioinnin lähtökohdan muodostaa Paikkatietoasiain neuvottelukunnan valmistelema kansallinen paikkatietostrategia vuosille 2005–2010.

Ehdotukseen liittyvä palaute on ollut

pääsääntöisesti positiivista, mikä on luonnollista ottaen huomioon Suomen pitkät perinteet paikkatietojen yhteiskäytön edistämiseksi.

Direktiiviehdotuksen ja kansallisen strategian tavoitteet ovat pääosin samansuuntaisia metatietojen, tiedon mallintamisen, verkkopalveluiden ja yhteistyörakenteiden osalta. Direktiiviehdotus sisältää kuitenkin kansallista paikkatietostrategiaa yksityiskohtaisempia ja laajempia tavoitteita mm. soveltamisalaan kuuluvien paikkatietoaineistojen laajuuden, paikkatietojen teknisten vaatimusten, verkkopalveluiden laajuuden sekä tietojen saatavuuden ja yhteiskäytön osalta.

Ehdotuksen käsittely on alkanut neuvoston puolella marraskuussa 2004, mutta on varsin todennäköistä, että EU:n parlamentti aloittaa oman ensimmäisen lukemisensa vasta vuoden 2005 puolella. Vaikka käsittely lähtee liikkeelle verkko-olaisesti, ovat kaikki kommentit tervetulleita. Uusi vuosille 2004–2007 asetettu Paikkatietoasiain neuvottelukunta tulee myös muodostamaan tärkeän viiteryhmän ehdotusta ja siihen kohdistuvia muutosehdotuksia käsiteltäessä tulevien vuosien aikana.

Kirjoittaja on ylitarkastaja Maa- ja metsätalousministeriössä ja toimii INSPIRE-hankkeen vastuuvirkamiehenä Suomessa, sähköposti antti.vertanen@mmm.fi.



Kuva: Pekka Tähtiä

Paikkatietojen yhteiskäytön toivotaan olevan Euroopassa tulevaisuudessa rajatonta. GPS-mittaus käynnissä Lapin kesässä.

**Geodeettisessa
laitoksessa vuonna
2003 tehdyillä
testeillä tutkittiin
reaaliaikaisen
VRS:n tarkkuutta ja
toimintaa.**

Reaaliaikaiset GPS-mittaukset ovat nopeasti yleistyneet kartoituksessa. Senttimetrin tason GPS-mittauksissa on perinteisesti käytetty staattisia havaintoja tai RTK-mittauksia. RTK (Real Time Kinematic) mullisti reaaliaikamittaukset kymmenkunta vuotta sitten, kun vaihevaihtojen kokonaislukutunnusmerkit pystyttiin ratkaisemaan lennosta. Verkko-RTK-menetelmät ovat uusimpia reaaliaikaisen GPS:n sovelluksia, joissa perinteisen RTK:n yhden tukiaseman sijasta käytetään tukiasemaverkkoa laajentamaan toiminta-aluetta ja mallintamaan GPS-mittauksiin liittyviä virheitä.

Virtuaali-RTK (VRS™) on yksi verkko-RTK:n menetelmä. Siinä tukiasemaverkko on linkitetty laskentakeskukseen, joka ratkaisee reaaliajassa verkon alueelle virheparametrit. VRS:n pääajatuksena on luoda jokaiselle käyttäjälle oma virtuaalinen tukiasema mittaajan läheisyyteen, mikä laajentaa mittausaluetta tukiaseman ollessa aina lähellä. Lisäksi ilmakehän ja satelliittien ratavirheiden mallinnuksen ansiosta etäisyydestä riippuvat virheet eliminoidut havainnoista melkein kokonaan.

Mittauksista

Geodeettisessa laitoksessa vuonna 2003 tehdyillä testeillä tutkittiin reaaliaikai-



Virtuaalista GPS-mittausta ilman tukiasemia

sen VRS:n tarkkuutta ja toimintaa. Tarkoituksena oli testata VRS-järjestelmän laatua ilman ylimääräisiä häiriötekijöitä. Siksi tuloksiin ei sovellettu muunnoksia, vaan mittaukset ja tulosten analysointi suoritettiin EUREF-FIN-koordinaatistossa. Testipisteiksi valittiin vain pisteitä, joiden EUREF-FIN-koordinaatit oli määritetty luotettavasti ja joilta oli hyvä näkyvyys taivaalle ilman lähellä olevia monitieheijastusta aiheuttavia pintoja. Lisäksi pisteiden tuli kattaa koko VRS:n toiminta-alueen etäisyydet lähimmästä tukiasemasta tasavälein sekä verkon sisä- että ulkopuolella. Jokainen havainto mitattiin riippumattomana suorittamalla kullekin oma alustus eli kokonaislukutuntemattomien ratkaisu. Pisteet mitattiin 3–4 kertaa eri aikoihin, jotta pystyttiin vertailemaan erilaisia mitausolosuhteita.

Mittaukset suoritettiin kesällä ja syksyllä 2003 Geotrim Oy:n VRS-verkossa Etelä-Suomen alueella (GPSNet.fi, kuva 1) ja Tampereen seutukunnan VRS-verkossa (kuva 2). Molempien VRS-verkkojen tukiasemat sekä testipisteet on mitattu staattisin GPS-mittauksin, ja mittaukset on sidottu Geodeettisen laitoksen FinnRef®-verkkoon ja sitä kautta myös EUREF-FIN-koordinaatistoon. Lisäksi mittauksia suoritettiin Etelä-Suomen alueella erilai-

silla VRS-tukiasemien kombinaatioilla, joiden avulla tutkittiin tukiasemien välisen etäisyyden vaikutusta järjestelmän toimintaan.

Tarkkuus

Tulokset on esitetty EUREF-FIN-koordinaatteina Gauss-Krüger-projektioasolla ja korkeuksina ellipsoidilta (kuva 3). Tarkkuusluvut ovat poikkeamia pisteen referenssikoordinaateista, ja ne kuvaavat saavutettavissa olevia tarkkuuksia suhteellisen avoimilla paikoilla, siis sellaisilla, joihin RTK/VRS-mittaukset soveltuvat. Tiheässä metsässä tai muuten huonoissa paikoissa mittajaan on todennäköisesti tyytyminen huonompiin tuloksiin. Pahimmassa tapauksessa mittaaminen epäsuotuisissa olosuhteissa ei onnistu ollenkaan.

Kuvasta nähdään tasotarkkuuksien osuvan hyvin koordinaattiakselien origoon eli referenssikoordinaatteihin ja lähes kaikkien korkeustarkkuuksien olevan parempia kuin 10 cm. RMS-arvoksi eli keskihajonnaksi referenssikoordinaattien suhteen saatiin tasossa 27 mm ja korkeudessa 35 mm. RMS kuvaa normaali-kaumassa 68 % todennäköisyydellä saavutettavaa tarkkuutta. Lisäksi on esitetty tarkkuusarvot, joita parempia tuloksia 95 tai 99 prosenttia havainnoista antavat.

Tulokset osoittavat VRS:n sopivan luotettavasti desimetritasoa tarkempiin(kin) mittauksiin.

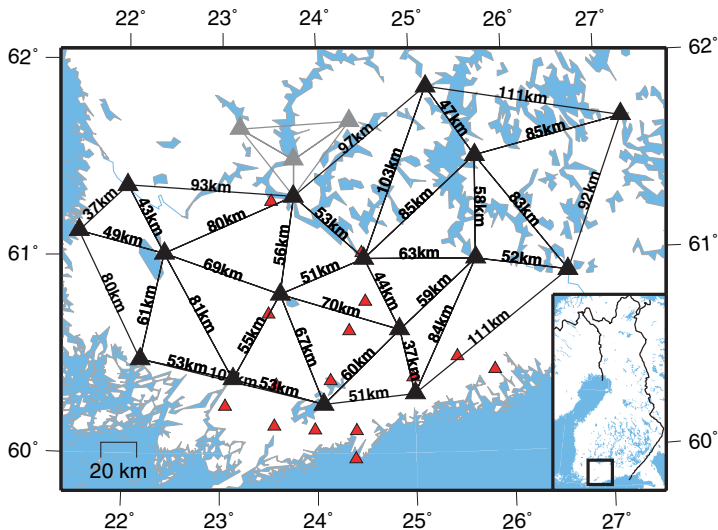
Alustusajat

Mittausten alussa ratkaistaan satelliitin ja vastaanottimen väliset GPS-signaalin kantoaallon kokonaiset aallonpituudet eli alkutuntemattomat ”lennosta” tehdyllä alustuksella (on-the-fly, OTF). Kylmäkäynnistys (cold start) sisältää tavallisen lennosta tehdyn alustuksen lisäksi myös yhteydenoton laskentakeskukseen, oman sijainnin lähetyksen sekä virtuaalitukiaseman luomisen. Tämä tapahtuu ensimmäisellä kerralla otettaessa yhteys esim. GSM:llä VRS-laskentakeskukseen.

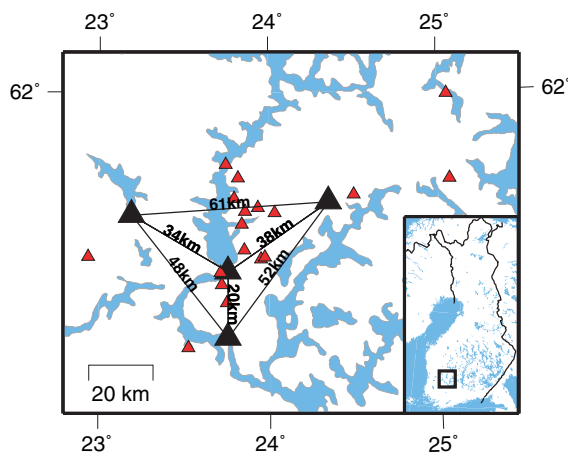
Tutkimuksessa jokaiselle havainnolle suoritettiin oma, itsenäinen alustus, jotta saatiin toisistaan alkutuntemattomien ratkaisun suhteen riippumattomat havainnot. Kuvassa 4 on esitetty alustusajojen kestot ja eritelty kylmäkäynnistykset mustalla ja OTF-alustukset punaisella. Kylmäkäynnistykset kestivät keskimäärin hieman alle minuutin, kun pelkkä OTF-alustus kesti vain hieman yli 20 sekuntia. Kuvan taulukkoon on koottu kaikista mittauksista lasketut alustusajat.

Luotettavuus

Edellä esitetyistä tuloksista puuttuu



Kuva 1. Geotrim Oy:n VRS-verkko (tilanne 7/2003). Testipisteet on merkitty pienillä kolmioilla. Nykyisellään verkko on laajentunut huomattavasti: www.gpsnet.fi.



KUVA 2. Tampereen seutukunnan VRS-verkko ja testipisteet (pienillä kolmioilla).

neljä karkeaa virhettä, jotka löydettiin jälkikäteen havaintojen käsittelyn aikana. Nämä olivat noin 1–2 metriä virheellisiä ilman minkäänlaista merkkiä huonosta tarkkuudesta RTK-laitteen tarkkuusarvoissa. RTK- ja VRS-menettelmien luonteen vuoksi karkeit virheitä ei pystytä kaikissa tapauksissa matemaattisesti toteamaan. Käytäntö on kuitenkin osoittanut, että karkeisiin virheisiin liittyy usein tiettyjä tunnusmerkkejä. Tällaisia ovat mm. satelliittien vähäinen lukumäärä, huono satelliittigeometria, pitkät alustusajat ja korjausdatan tai satelliittisignaalin katkonaisuus. Huonoja mittaolosuhteita tulisi välttää, sillä ne lisäävät huomattavasti karkeiden virheiden esiintymistodennäköisyyttä.

Luotettavuuden kannalta on suositeltavaa välillä tehdä uusi alustus, etenkin jos mitattavia pisteitä on paljon. Suurempaa luotettavuutta vaativissa töissä kannattaa jokaiselle havainnolle tehdä uusi alustus, suorittaa toistomittauksia ja mahdollisuuksien mukaan käydä pisteillä, joiden koordinaatit ovat tunnetut.

Karkeit virheitä ei voida suoranaisesti pitää VRS-järjestelmän aiheuttamina virheellisinä tuloksina, sillä alustuksen ”oikeellisuudelle” on jokaisen laitteen teknisissä tiedoissa annettu todennäköisyys. Näin väärin ratkaisuihin on tilastollinen todennäköisyys. Tutkimuksessa alustuksen luotettavuustaso oli 99,9 % ja sen voitiin osoittaa pitävän hyvin paikkansa (4 karkeaa virhettä 4 000 alustuksesta).

Etäisyys lähimpään tukiasemaan

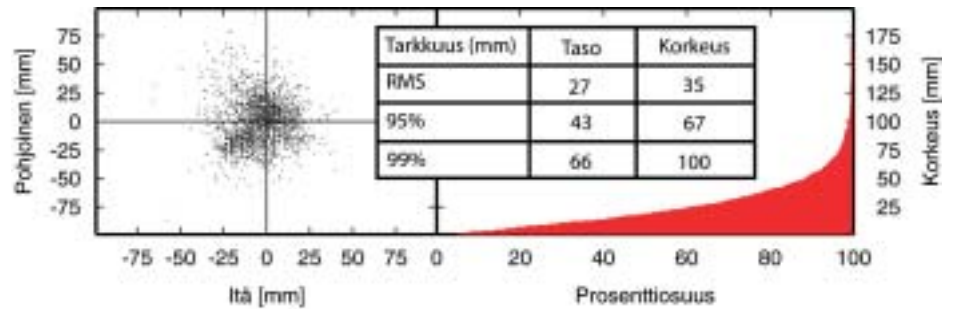
Perinteisissä RTK-mittauksissa etäisyydestä riippuvan virhekomponentin suuruus on luokkaa 1–3 ppm eli virheen suuruus kasvaa noin 1–3 mm/kantavektorikilometri. VRS-järjestelmällä ideaalitapauksessa etäisyydestä riippuva virhetekijä olisi nolla (0 ppm), mutta virhemallien ja interpoloinnin epätarkkuuksien vuoksi tuloksiin jää pieni etäisyydestä riippuva termi.

Tasotarkkuudelle saatiin arvoksi 18 mm + 0,13 ppm ja korkeudelle 14 mm + 0,52 ppm (kuva 5). Näin tulokset ovat hyvin homogeenisia koko verkon toiminta-alueella. Alustusajoille vastavaksi arvoksi saatiin 11 sekuntia + noin 1 sekunti/kantavektorikilometri, mikä tarkoittaa alle minuutin alustusajoja verkon toiminta-alueella. Kuvasta nähdään kuitenkin etenkin alustusajojen kohdalla melko suuri hajonta havaintojen välillä.



VRS-mittauksiin käyttäjä tarvitsee ainoastaan liikkuvan vastaanottimen.

KUVA 3.
Reaaliaikaisen
VRS:n taso- ja
korkeustarkkuudet.



Johtopäätökset

VRS-järjestelmää voidaan hyödyntää moninaisissa mittaussovelluksissa. Tutkimus osoittaa VRS:n olevan tarkka ja tehokas mittausmenetelmä, mutta siihen liittyy tiettyjä rajoituksia. Reaaliaikaista kinemaattista GPS-mittausta ei voi soveltaa kaikenlaiseen mittaukseen, vaan on käytettävä harkintaa sen soveltuvuudesta kyseessä olevaan mittaustoimitukseen. Esimerkiksi Kaavoitusmittausohjeet hyväksyvät GPS-menetelmistä kiintopistemittauksiin ainoastaan staattisen mittauksen tai staattisen pikamittauksen, ja näin ollen reaaliaikaisia GPS-mittauksia ei tule käyttää kiintopistemittauksissa. Reaaliaikaisia VRS-mittauksia ei myöskään voi suositella esimerkiksi metsäisillä alueilla, mutta niitä voidaan näissäkin tapauksissa hyödyntää esimerkiksi kartoituksen lähtöpisteiden määrittämisessä avoimilla paikoilla.

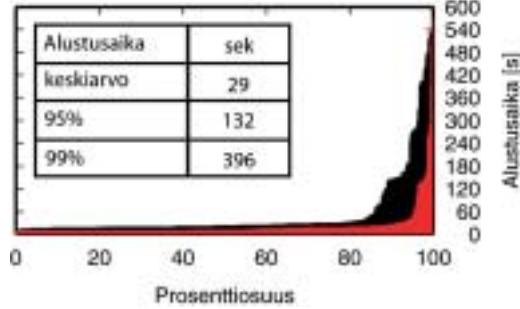
Menetelmä tarjoaa oivan apuvälineen mittausten toteuttamiseen ja sen avulla voidaan nopeuttaa ja edesauttaa tarkkaa, kustannustehokasta ja luotettavaa mittaustoimitusta. VRS- ja RTK-mittaukset jättävät kuitenkin poikkeuksellisen suuren vastuun mittausten onnistumisesta itse mittaajalle, sillä menetelmät eivät tarjoa samanlaista kontrollia kuin perinteiset suunta- ja vaatitushavainnot. Niinpä VRS vaatii käyttäjältään samanlaista perehtyneisyyttä ja kokemusta kuin perinteisetkin mittausmenetelmät.

Täydelliset tutkimustulokset, teoriaa ja taustoja on esitetty lähteessä mainitussa tutkimuksessa.

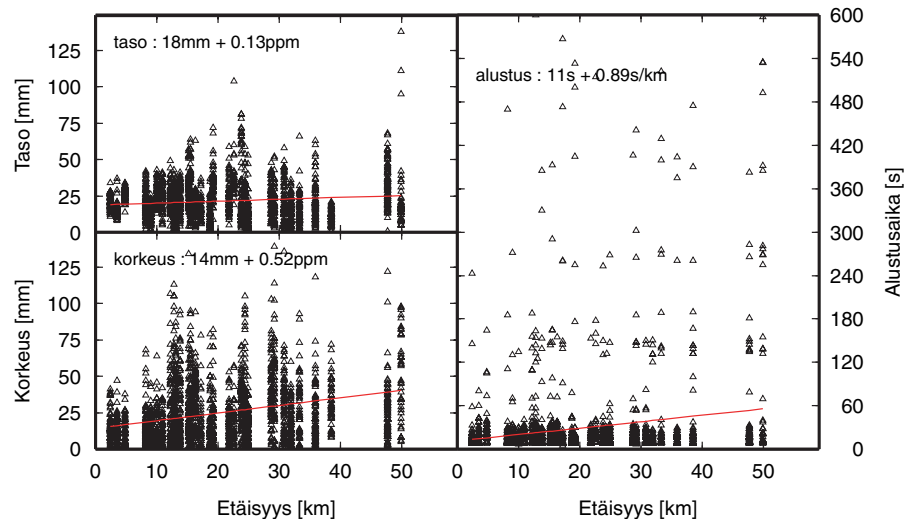
Kirjoittaja on tutkija Geodeettisen laitoksen Geodesian ja geodynamiikan osastolla, sähköposti pasi.hakli@fgi.fi.

LÄHTEET

Häkli P. ja H. Koivula (2004). Virtuaali-RTK (VRS) -tutkimus. Geodeettisen laitoksen tiedote 27. Kirkkonummi.



KUVA 4.
VRS:n alustusajat. Mustalla kylmäkäynnistykset ja punaisella lennosta tehdyt alustukset.



KUVA 5. Tarkkuus ja alustusajat etäisyyden suhteen. Etäisyydet lähimpään tukiasemaan 2–50 km.

VRS-menetelmä mallintaa ilmakehän ja ratavirheitä. Esimerkiksi ilmakehän ionosfäärin aktiivisuus riippuu mm. vuorokauden ajasta.

