

Ari-Pekka Asikainen

Rauman kaupungin siirtyminen EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Maanmittaustekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
10.4.2012

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Ari-Pekka Asikainen Rauman kaupungin siirtyminen EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin 61 sivua + 10 liitettä 10.4.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaaja Ohjaava opettaja	paikkatietoinsinööri Vesa Posio yliopettaja Vesa Rope
<p>Tässä insinööriyössä on valittu tietyin kriteerein Rauman kaupungin alueen kattava pisteistö, joka mitattiin staattisena GNSS-mittauksena. Mitatun pisteistön on määrä toimia tulevaisuudessa kaupungin laadukkaana ylemmän luokan EUREF-FIN-peruskiintopisteistönä. Insinööriyössä on myös pohdittu vaihtoehtoja N60-korkeusjärjestelmän ajantasaistamisesta uusimpaan N2000-korkeusjärjestelmään.</p> <p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli mitata Rauman kaupungille tarkka ylemmän luokan EUREF-FIN peruskiintopisteistö, jonka perusteella voitiin laskea valikoitujen vastinpisteiden avulla muunnosparametrit kartastokoordinaattijärjestelmästä (KKJ) EUREF-FIN-koordinaatistoon. Mitattujen pisteiden avulla voidaan myöhemmässä vaiheessa tarkastella vuosina 1994 – 2005 mitatun kaupungin runkoverkon homogeenisuutta. Paneutuminen järjestelmien vaihdoksesta tiedottamiseen oli tärkeä osa projektin onnistumista.</p> <p>Tasotuslaskennan ja muunnoksen suorittanut Tripodi Finland Oy laski kahdet erilaiset muunnosvaihtoehdot. Konsultti tuotti affiiniset ja Helmert-tasomuunnosparametrit Rauman kaupungin KKJ:stä siirtymiseksi EUREF-FIN-tasokoordinaatistoon. Kaupungin päätettäväksi jää, mitä esitettyä muunnosmenetelmää käytetään muunnoskonversioon. Valinta sopivasta korkeusjärjestelmän realisointitavasta päätetään kaupungin toimesta alkuvuodesta 2012.</p> <p>Uudet EUREF-FIN-koordinaatit projisoitiin kahteen eri projektiokaistaan. Kunnan paikkatietojärjestelmän käyttöön otetaan vuoden 2012 jälkipuolella ETRS-GK22-tasokoordinaatisto ja TM35FIN-tasokoordinaatisto puolestaan valtakunnalliseen paikkatietojen yhteiskäyttöön. Toimenpiteet N2000-korkeusjärjestelmän realisoinniseksi suoritetaan vuoden 2012 aikana.</p>	
Avainsanat	ETRS89, EUREF-FIN, N2000, GNSS

Author(s) Title	Ari-Pekka Asikainen Transition process to the EUREF-FIN and N2000 systems in the City of Rauma
Number of Pages Date	61 pages + 10 appendices 10 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructor Instructor Lecturer	Vesa Posio, Engineer of spatial information Vesa Rope, Principal Lecturer
<p>The main aim of this final year project was to measure an exact upper class EUREF-FIN grid reference system. A grid reference system under certain criteria was selected and determined by static GNSS measurements. These high-quality points are meant to be the main points of the precise EUREF-FIN grid reference system in future. In addition, possible choices of how to upgrade the present N60 height system into the latest N2000 -height system were considered.</p> <p>With specific points it was possible to calculate conversion parameters from KKJ to EUREF-FIN coordinate system. Using the measured points it is also possible to observe the homogeneity of the older grid references later. One significant way for the success of the project was to focus on the informing.</p> <p>Tripodi Finland performed the equalization computation and the coordinate transformation. As a result Tripodi computed two different conversion alternatives. These options were affine and Helmert type transformation parameters. With transformation parameters it is possible for the City of Rauma to transform the old KKJ coordinates to the newest EUREF-FIN coordinates. Municipal authorities will decide which method is suitable for the transformation. A decision on how to realize a suitable height system for the City of Rauma will be made in early 2012.</p> <p>New EUREF-FIN coordinates were projected in two different projection zones. ETRS-GK22 plane coordinate system will be taken in use for geographical information systems in late 2012. ETRS-TM35FIN plane coordinate system will be taken in use for nationwide spatial data sharing in late 2012. The actions to realize the N2000 -height system are carried out during year 2012.</p>	
Keywords	ETRS89, EUREF-FIN, N2000, GNSS

Sisälllys

Lyhenteet ja määritelmät

1	Johdanto	1
2	Yleistä tietoa	2
2.1	Julkisen hallinnon suositukset	2
2.2	ETRS89	2
2.3	EUREF-FIN	4
2.4	N2000	6
2.5	Aikaisempia tutkimustuloksia ja tiedonlähteitä	7
3	Tavoitteet järjestelmien vaihdoksessa	7
3.1	Laadunvalvonta	7
3.2	Siirtymisaikataulu	8
3.3	Järjestelmienvaihdosprosessin kustannuksia	8
3.4	Tiedottaminen	9
3.5	Asiantuntijat ja muiden kuntien kokemukset apuna	9
3.6	Mahdollisia riskejä	9
4	Ylemmän luokan runkoverkon GNSS-mittauskampanja	10
4.1	Lähtötilanne	10
4.2	Kuntaliitosten vaikutukset	11
4.2.1	Yleistä	11
4.2.2	Kodisjoki	12
4.2.3	Lappi	13
4.3	Perustelut uuden tasokoordinaatiston tarpeelle	14
4.4	3. luokan peruskiintopisteiden GNSS-mittauskampanja	16
4.4.1	Yleistä tietoa kampanjasta	16
4.4.2	GNSS -mittauksen laadunvalvonta ja virhelähteet	16
4.4.3	Mittauskalusto ja -henkilöstö	19
4.4.4	Mittauskampanjan suunnittelu ja valmistelu	19
4.4.4.1	Yleistä	19
4.4.4.2	Pisteiden valinta	20

4.4.4.3	Verkon suunnittelu	22
4.4.4.4	Vastaanottimien asetukset ja kaluston tarkistus	23
4.4.5	Käytännön mittaustyö	23
4.5	GNSS-datan laskentaprosessi	24
4.5.1	Vektorien laskenta	24
4.5.2	Vapaa verkkotasoitus	25
4.5.3	Kytkeyty verkkotasoitus	26
4.6	4. luokan runkoverkon uudelleenlaskenta EUREF-FIN-koordinaatistossa	28
5	Tasokoordinaattijärjestelmän muunnos	30
5.1	Yleistä tietoa koordinaattimuunnoksista	30
5.2	Muunnospisteiden valinta	32
5.3	2D Helmert -muunnos	33
5.4	Affiininen 2D-muunnos	36
5.5	Affiininen 2D-muunnos kolmioittain	39
5.6	Muunnosvaihtoehdon valinta	40
5.7	Tasomuunnoksen testaus	40
6	Käytettävät uudet karttaprojektiot ja tasokoordinaatistot	41
6.1	Yleistä tietoa karttaprojektioista ja tasokoordinaatistoista	41
6.2	ETRS-GKn	42
6.3	ETRS-TM35FIN	44
7	Korkeusjärjestelmän muunnos	45
7.1	Lähtötilanne	45
7.2	Korkeusjärjestelmän vaihtoa puoltavat seikat	46
7.3	Toimenpiteitä ja vaihtoehtoja N2000-korkeusjärjestelmään siirtymiseksi	47
7.3.1	Vaihtoehtoja korkeusjärjestelmän muuntamiseksi	47
7.3.2	Vaaitujen pisteiden korkeuksien muuntaminen	50
7.3.3	Ellipsoidisten korkeuksien muuntaminen	51
7.3.4	Korkeuskäyrästä uudelleenpiirto	53
7.3.5	Siirtymisvaiheessa huomioitavaa	53
8	Toimenpiteitä uusiin järjestelmiin siirtymiseksi	53
8.1.1	Tiedottaminen	53
8.1.2	Paikkatietojärjestelmän muunnoskonversio ja ohjelmistot	54

8.1.3	Kaavoitus	56
8.1.4	Mittauslaitteet	56
8.1.5	Asiakirjat	56
8.1.6	Pisteselityskortit	57
9	Yhteenveto	57
	Lähteet	59
	Liitteet	
	Liite 1. Verkkopiirros GNSS-mittauskampanjasta.	
	Liite 2. Esimerkki DOP- ja näkyvyyksesityksistä (22.10).	
	Liite 3. Kiintopisteiden lyhyt näkyvyys- ja ominaisuuskuvaus.	
	Liite 4. Staattisen GPS-mittauksen havaintolomake	
	Liite 5. Vapaan verkon tasoituksen tulokset vektorikohtaisesti.	
	Liite 6. Kiinteän verkon tasoituksen tulokset vektorikohtaisesti.	
	Liite 7. Kiinteän verkon tasoituksen tulokset pistekohtaisesti.	
	Liite 8. Koordinaattilistaus ETRS-GK22-tasokoordinaatistossa.	
	Liite 9. Koordinaattilistaus ETRS-TM35FIN-tasokoordinaatistossa.	
	Liite 10. Koordinaattilistaus maantieteellisissä koordinaatistossa.	

Lyhenteet ja määritelmät

datumi	Datumi eli vertausjärjestelmä on parametrien joukko, joilla koordinaatisto on kiinnitetty tarkastelun kohteena olevaan kokonaisuuteen. Datumi voi olla esim. vaakadatumi (KKJ ja EUREF-FIN) tai korkeusdatumi (N60 ja N2000).
epookki	Ajanhetki, jolloin tietyt koordinaatit on sidottu koordinaatistoon. Epookki on määriteltävä globaaleissa koordinaatistoissa.
EPN	EUREF Permanent Network, Euroopan pysyvien GPS asemien verkko.
ETRS89	European Terrestrial Reference System 89. Euraasian manterlaatan deformatumattomaan osaan sidottu yleiseurooppalainen koordinaattijärjestelmä.
EUREF-FIN	ETRS89-järjestelmän kansallinen realisaatio Suomessa.
FIN2000	Geoidimalli, jolla EUREF-FIN-koordinaatistossa satelliittivastaanottimella mitatut ellipsoidiset korkeudet voidaan muuntaa N60-korkeusjärjestelmän mukaisiksi vaaituskorkeuksiksi.
FIN2005N00	Suomen valtakunnallinen geoidimalli, jolla voidaan muuntaa EUREF-FIN-koordinaatistossa satelliittivastaanottimella mitatut ellipsoidiset korkeudet N2000-korkeusjärjestelmän mukaisiksi vaaituskorkeuksiksi.
FinnRef®	Geodeettisen laitoksen ylläpitämä pysyvien GPS-asemien (12 kpl) tukiasemaverkko.
geosentrinen	Maakeskinen. Geosentrisen koordinaattijärjestelmän origo on maan massakeskipisteessä (esim. ETRS89).

geoidi	Monimutkainen maan muotoa kuvaava matemaattinen malli. Malli kuvaa painovoiman keskiarvopintaa, johon meriveden pinta levossa asettuisi.
GLONASS	Venäjän vastine amerikkalaiselle GPS-satelliittijärjestelmälle.
GNSS	Global Navigation Satellite System. Maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä. Esim. GPS ja Glonass.
GPS	Global Positioning System. Yhdysvaltain puolustusministeriön kehittämä ja ylläpitämä satelliittipaikannusjärjestelmä.
GRS80	Globaali vertausellipsoidi, jota käytetään mm. ETRS89-koordinaattijärjestelmässä.
IGS	International GNSS Service. Palvelu tarjoaa mm. GPS- ja Glonass-satelliittijärjestelmien tarkat rataparametrit sekä reaaliaikaista satelliittidataa.
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe. Direktiivi, jolla Eurooppaan luodaan kansalliset paikkatietoaineistot ja -palvelut yhdistävä yhteinen paikkatietoinfrastruktuuri.
ITRS	International Terrestrial Reference System. Maailmanlaajuinen kolmiulotteinen ja suorakulmainen koordinaattijärjestelmä.
JHS 153	Julkisen hallinnon suositus 153 määrittelee Suomeen eurooppalaisen ETRS89-järjestelmän mukaisen EUREF-FIN-koordinaatiston ja suosittelee sen käyttöä Suomessa paikkatiedon tuotannossa.

JHS 154	Julkisen hallinnon suositus 154 määrittelee ETRS89-järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatit ja karttalehtijaon.
JHS 163	Julkisen hallinnon suositus 163 määrittelee suomalaisen N2000-korkeusjärjestelmän.
JUHTA	Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. JUHTA hyväksyy JHS-suositukset.
KKJ	Kartastokoordinaattijärjestelmä.
KTJ	Kiinteistötietojärjestelmä.
koordinaattikonversio	Matemaattinen muunnos, jolla voidaan muuntaa koordinaatit koordinaatistosta toiseen, kun datumi pysyy samana.
koordinaattimuunnos	Matemaattinen muunnos, jolla kahteen eri datumiin perustuvien koordinaatistojen (esim. KKJ ja EUREF-FIN) välillä voidaan muuntaa koordinaatteja.
N2000	Suomen uusi valtakunnallinen korkeusjärjestelmä, joka perustuu vuonna 2006 valmistuneeseen Geodeettisen laitoksen suorittamaan kolmanteen tarkkavaaitukseen.
N60	Suomalainen korkeusjärjestelmä, joka perustuu kahteen ensimmäiseen tarkkavaaitukseen.
NAP	Normaal Amsterdamin Peili. Itämeren ympäri tehtyjen vaaitusten tasoituksen (BLR) lähtötaso.
NN	Normaalilla. Suomen ensimmäisen tarkkavaaituksen perusteella realisoitu korkeusjärjestelmä.

realisaatio	Koordinaattijärjestelmässä mahdollisimman tarkasti mitattu pistejoukko, joiden avulla voidaan määrätä käytetyn koordinaattijärjestelmän muut pisteet eri koordinaatistoissa.
redundanssi	Ylimääritys. Esimerkiksi satelliittimittauksissa havaittu riittävä määrä ylimääräisiä vektoreita minimimäärän lisäksi.
triviaalivektori	Mittauskampanjan yhden havaintosession ylimääräiset vektorit, jotka muodostavat sulkeutuvia kuvioita. Yhdessä havaintosessiossa, jossa on mukana N vastaanotinta, voidaan mitata $N - 1$ ei-triviaalia vektoria.
vertausellipsoidi	Yksinkertaistettu matemaattinen malli maan pinnan muodosta. Vertausellipsoidissa on huomioitu vain maan litistyneisyys.
WGS84	World Geodetic System 84. Yhdysvaltojen puolustusministeriön käyttämä, määrittelemä ja ylläpitämä maailmanlaajuinen koordinaattijärjestelmä ja järjestelmään liittyvä geoidimalli.
YKJ	Yhtenäiskoordinaatisto. Tunnetaan myös nimellä KKJ3 eli kartastokoordinaattijärjestelmän kaistana 3. Tämän koordinaatiston keskimeridiaanina on pituuspiiri 27° .

1 Johdanto

Koordinaattijärjestelmien ajantasaistusvaihtoehdot ovat tällä hetkellä useissa kunnissa paikkatiedon tuottamisen parissa työskentelevillä ammattilaisilla ajankohtainen asia. Nykypäivää eletessä paikkatietojen sujuva yhteiskäyttö, kustannustehokkuus ja tarkkuus on suuressa painoarvossa. Yhtenäinen paikkaan sidottu tieto ei ole vain valtion ja kuntien sisäinen asia. Euroopan Unionin jäsenvaltioiden välillä tapahtuva toiminta muodostaa monenlaisia yksittäisen valtion rajat ylittäviä prosesseja, joissa yhtenäinen paikkaan sidottu tieto kaikkien tasapuolisesti saatavilla on myös kaikkien eduksi. Paikkatietoyhteistyö tässä laajuudessa vaatii yhtenäisen, koko Euroopan kattavan koordinaattijärjestelmän käyttöä. Yleiseurooppalainen, kaikkien EU-maiden käyttämä koordinaattijärjestelmä tähän tarpeeseen tunnetaan nimellä ETRS89 ja sen tarkempi Suomen kansallinen realisaatio nimellä EUREF-FIN.

Euroopan Unioni on laatinut eurooppalaista paikkatietoinfrastruktuuria tehostavan INSPIRE-direktiivin, jonka on tarkoitus selkeyttää monenkirjavaa eri koordinaattijärjestelmissä tapahtuvaa paikkatietotuotantoa. Direktiivin määrittelemässä paikkatietoinfrastruktuurissa on mahdollista yhdistää kansalliset eri organisaatioiden tuottamat paikkatietoaineistot ja -palvelut yhteiskäyttöisyyden helpottamiseksi sekä tehostamiseksi. Direktiivin toimeenpanoa varten on Suomessa säädetty laki paikkatietoinfrastruktuurista (421/2009) joka astui voimaan 17.6.2009. Lakia tarkentaa lisäksi valtioneuvoston asetus paikkatietoinfrastruktuurista, (725/2009) joka astui voimaan 12.10.2009. (Direktiivi, laki ja asetus 2007.)

Suomen julkiselle hallinnolle suunnatut teoreettiset suositukset JHS 153, JHS 154 ja JHS 163 liittyvät direktiiviin ja sitä varten laadittuun lakiin sekä asetukseen. Suositukset määrittelevät ja suosittelevat Suomessa paikkatiedon tuotannossa käytettäväksi ajanmukaista, kansallista EUREF-FIN-tasokoordinaattijärjestelmää ja ajantasaisinta korkeustietoa sisältävää N2000-korkeusjärjestelmää. Järjestelmät on kytketty koko Euroopan kattavaan paikkatietoinfrastruktuurin pääjärjestelmiin.

Kun kaksi tai useampi kunta liittyy yhteen kuntaliitoksella, mahdollisesti olemassa olevat koordinaattijärjestelmät aiheuttavat omia haasteitaan koordinaattijärjestelmien vaihdoksissa. Kunnissa voi olla eri järjestelmiä, puuttua järjestelmä, erilaisia mittaus-

poja ja tarkkuusvaatimuksia yms. Kartastokoordinaattijärjestelmän (KKJ) ja EUREF-FIN:n välillä voi ilmetä pahojakin maantieteellisestä sijainnista riippuvia deformaatioita. Näissä tapauksissa on usein tarpeen runkoverkon käyttökelpoisuuden tilan määrittäminen eli saneeraus.

Uusiin järjestelmiin siirtyminen on merkittävä ja kauaskantoinen prosessi, jonka toteuttamiseen vaikuttavat asiat tulee määrittää tarkkaan ja huolellisesti. Erityisesti pitkäjänteinen ja monipuolinen tiedottaminen asiasta kunnan paikkatietoa käyttäville eri sidosryhmille jo ennen koordinaatistonvaihdosta, vaihdoksen aikana sekä varsinkin vaihdoksen jälkeen on erityisen tärkeää koordinaattijärjestelmistä johtuvien sekaannusten ja ylimääräisten kustannusten välttämisen kannalta.

Tässä insinööriyössä käydään läpi vaihtoehtoja, toimenpiteitä ja muita huomionarvoisia seikkoja Rauman kaupungin siirtymisprosessissa nykytarpeita vastaaviin taso- ja korkeusjärjestelmiin.

2 Yleistä tietoa

2.1 Julkisen hallinnon suositukset

JUHTA eli julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta on ministeriöiden ja Suomen Kuntaliiton pysyvä yhteistyö- ja neuvotteluelin, joka toimii sisäasiainministeriön yhteydessä. JUHTA käsittelee valtio- ja kunnallishallinnon tietohallintoyhteistyön suunnittelua ja siihen liittyviä kysymyksiä (asetus 838/2000). Yksi neuvottelukunnan tärkeimmistä tehtävistä on laatia julkisen hallinnon suosituksia (JHS). Seuraavissa kappaleissa esitellään JUHTAn laatimat EUREF-FIN-koordinaatiston ja N2000-korkeusjärjestelmän suositukset. (Geodesia ja geodynamiikka, tutkimushankkeet 2012.)

2.2 ETRS89

ETRS89 (European Terrestrial Reference System) on koordinaattijärjestelmä, joka kattaa koko Euroopan alueen. Järjestelmä yhtyy ajanhetkenä 1989 eli epookkina 1989.0 kansainväliseen, maailmanlaajuiseen koordinaattijärjestelmään nimeltä ITRS (Interna-

tional Terrestrial Reference System). ETRS89 realisoitiin eli toteutettiin ensimmäistä kertaa vuonna 1989 tehdyssä mittauskampanjassa. Realisaatiosta käytetään nimeä ETRF89 (European Terrestrial Reference Frame) tai EUREF89. Ajansaatossa ETRS89:n realisaatioita on tullut lisää. ETRS89:n realisointi ja ylläpito toteutetaan pysyvien GPS-tukiasemien avulla, jotka sijaitsevat ympäri Eurooppaa (kuva 1). Pysyvien GPS-tukiasemien verkosta käytetään nimitystä EPN (EUREF Permanent Network). Suomesta mukana ovat Joensuun, Sodankylän, Metsähövin ja Vaasan GPS -tukiasemat, jotka luovat saumattoman yhteyden EPN-verkkoon. (EUREF Permanent Network 2012.)



Kuva 1. ETRS89 -koordinaattijärjestelmän realisoinnissa ja ylläpidossa käytettävä pysyvien GPS-asemien verkko, EPN (Global reference frames 2009).

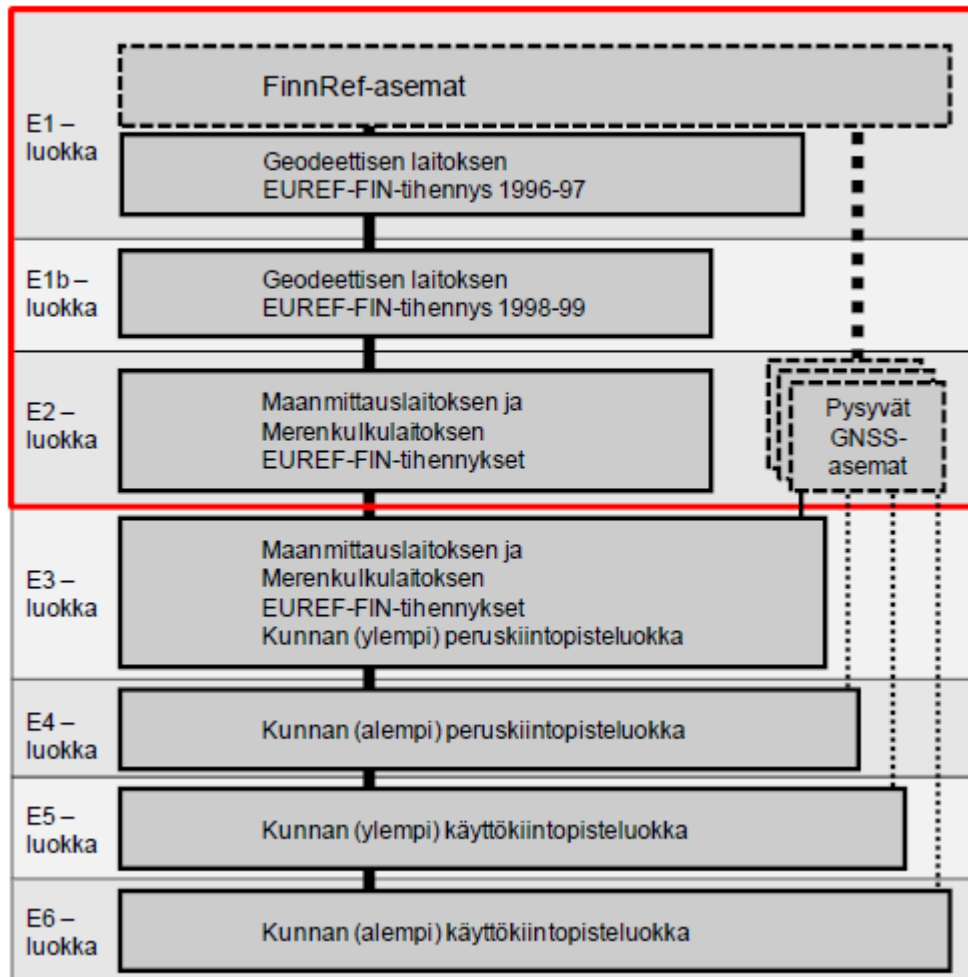
Useissa Euroopan maissa ETRS89-koordinaattijärjestelmästä on oma kansallinen realisaatio, koska tarkempaan mittaustoimintaan tai muunnosten määrittämiseen ETRS89-järjestelmän pisteistö on liian harva. Suomen oma kansallinen realisaatio ETRS89-järjestelmästä on nimeltään EUREF-FIN. (Maailmanlaajuiset koordinaattijärjestelmät 2012.) Vuonna 2002 valmistunut JHS 153 määrittelee edellä ETRS89-koordinaattijärjestelmän realisaation Suomessa. Myös ETRS89:n ja KKJ:n välisen 7-parametrisen muunnoksen parametrit on annettu suosituksessa.

2.3 EUREF-FIN

EUREF-FIN-koordinaatisto on nimensä mukaisesti Suomen kansallinen realisaatio yleis-eurooppalaisesta Euraasian mannerlaattaan sidotusta ja EU:n määrittelemästä yhtenäisen paikkatietoinfrastruktuurin mukaisesta ETRS89-koordinaattijärjestelmästä.

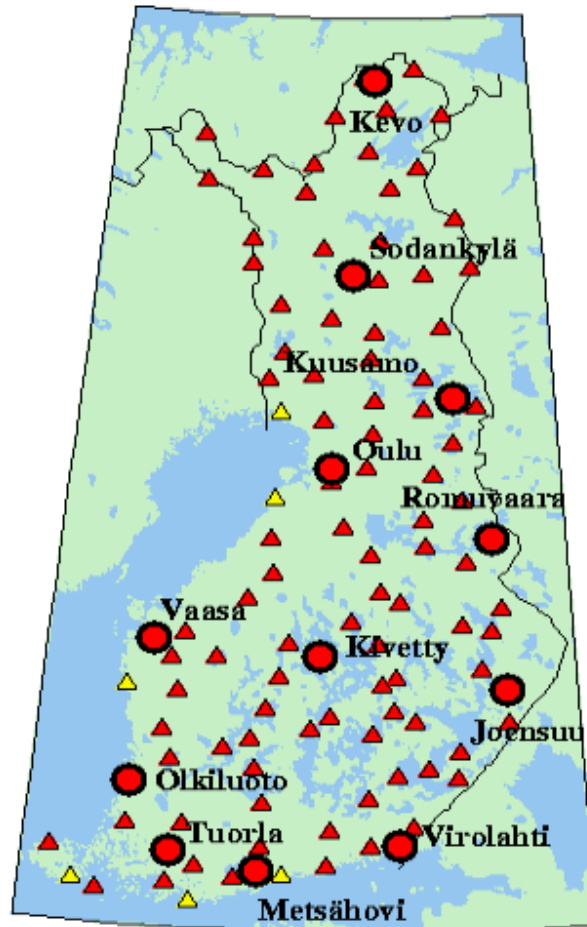
Vuonna 2003 valmistunut JHS 154 määrittelee EUREF-FIN-koordinaatiston kanssa käytettävät karttaprojektiot, karttalehtijaon ja tasokoordinaatistot sekä tasomuunnoksen EUREF-FIN-koordinaatiston ja KKJ:n välille. (Geodesia ja geodynamiikka, tutkimushankkeet 2012.)

Vireillä on parhaillaan arviointivaiheessa oleva uusi käytännönläheinen JHS-suositus, joka käsittelee GNSS-mittausta EUREF-FIN -koordinaatistossa. Suosituksessa on tarkoitus määrittää yhtenäiset mittausohjeet ja -suositukset sekä esitellä passiivisten (maaston kiintopisteet) EUREF-FIN-pisteiden luokitus ja pisteluokkien vaatimat kriteerit mitausten suoritukseen (kuva 2). Lisäksi odotettu aktiivisten pisteiden eli kiinteiden GNSS-tukiasemien pisteluokitus ja vaatimukset tukiaseman tiettyyn pisteluokkaan luokitteluksi ovat mukana suosituksessa. Suosituksen tavoitteena on osittain korvata ajantasaistuksen tarpeessa oleva Maanmittauslaitoksen kaavoitusmittausohje (KMO) vuodelta 2003. Syynä on myös seikka, että Maanmittauslaitos ei tule lainmuutoksen vuoksi julkaisemaan enää uutta kaavoitusmittausohjetta. Tavoitteena on, että nykyisen kaavoitusmittausohjeen osat julkaistaisiin pienempinä ja helposti ylläpidettävinä julkisen hallinnon suosituksina. Suosituksen on määrä valmistua alkuvuodesta 2012. (GNSS-mittaus EUREF-FIN -koordinaatistossa -suositushanke 2011.)



Kuva 2. EUREF-FIN-kiintopisteiden uusi mahdollinen luokittelu. Valtakunnalliset kiintopisteet punaisella kehyksellä (E1 ja E2), katkoviivalaatikot ovat aktiivisia ja yhtenäisin viivoin olevat laatikot passiivisia kiintopisteitä. (Kiintopistemittaus EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmässä suositusuunnos 2012: s. 5)

Suomessa Geodeettisen laitoksen ylläpitämät pysyvät FinnRef -tukiasemat (12 kpl) luovat rungon EUREF-FIN-koordinaatistolle. Geodeettinen laitos mittasi n. 100 kappaleen EUREF-pisteistön tulevien EUREF -pistetihennysten rungoksi. Mittaukset sidottiin EPN verkkoon pysyvien GPS-tukiasemien kautta. Näistä peruskiintopisteistä on edelleen tihennetty helppopääsuisille paikoille eri puolille Suomea useamman sadan kappaleen käyttökiintopisteistö, joihin Suomessa toimivat mittaajat voivat aina sitoa tarvittaessa mittauksensa. (Geodesia ja geodynamiikka, tutkimushankkeet 2012.)



Kuva 3. Ylimmän luokan EUREF-FIN-pisteet Suomessa. Punaiset ympyrät ovat FinnRef-tukiasemia, punaiset kolmiot 1. luokan kolmiopisteitä ja keltaiset kolmiot mareografeja. (Geodesia ja geodynamiikka, tutkimushankkeet 2012.)

2.4 N2000

N2000-korkeusjärjestelmä on Suomessa vuonna 2006 valmistuneen Geodeettisen laitoksen suorittaman kolmannen tarkkavaaituksen tulos, jossa on huomioitu myös sidos eurooppalaisiin korkeusjärjestelmiin. N2000-korkeusjärjestelmässä korkeuden lähtötasona Helsingin Metsähovin piste ja referenssipisteenä Amsterdamin nollataso NAP (Normaal Amsterdams Peil). N2000-vaaituslinjoja on Suomessa yli 9000 km, joista merkittävä osa myötäilee rautateitä. Kiintopisteitä on n. 6 000 kpl. N2000-järjestelmän mukaiset korkeudet poikkeavat nykyisestä N60-järjestelmästä maannousun vuoksi jopa yli 40 cm. Julkisen hallinnon suositus 163 määrittelee Suomen korkeusjärjestelmän N2000. Valtakunnallisissa kartastotöissä ja paikkatietopalveluissa suositellaan käytettäväksi suosituksessa kuvattua korkeusjärjestelmää N2000 (Poutanen 2006: 1–4).

2.5 Aikaisempia tutkimustuloksia ja tiedonlähteitä

Aiheeseen liittyviä muita insinööritöitä ovat mm. Saara Patrosen ETRS89-järjestelmän käyttöönotto Suomessa, Tuomas Kyllösen tutkimus Savonlinnan runkoverkon homogeenisuudesta, Tero Piiraisen työ Keravan kaupungin runkopisteverkon saneerauksesta, Antti Väätäisen Virtain kaupungin muunnosvaihtoehdot EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin siirtymiseksi sekä Petri Honkasen diplomityö Lahden kaupungin taso- ja korkeusjärjestelmien vaihtamisesta EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin.

Muita hyödyllisiä lähteitä ovat edellä mainitut julkisen hallinnon suositukset, joissa on määritelty tuoreimmat taso- ja korkeusjärjestelmät. Geodeettinen laitos on laatinut muutamia käytännönläheisiä tiedotteita. Geodeettisen laitoksen vuonna 2009 julkaisussa tiedotteessa 30 on pyritty kokoamaan hajallaan olevia ja monimutkaisia ohjeituksia koordinaattimuunnoksista. Tiedotteessa tavoitteena on selventää koordinaattimuunnoksiin liittyviä ongelmakohtia ja koota yhteen tärkeimmät muunnoksiin liittyvät asiat. Yleistyneen geoidimallien käytön johdosta Geodeettinen laitos laati tiedotteen 29 koskien Suomen alueen geoidimalleja ja niiden käyttöä korkeuden muunnoksissa.

Geodeettisella laitoksella ja Maanmittauslaitoksella on paljon asiantuntemusta koordinaatiston vaihdosprosesseista. Arvokasta tietoa saa myös tutustumalla konkreettisesti kuntien paikkatietoammattilaisiin, jotka ovat koordinaatistonvaihdosprosessin käyneet läpi.

3 Tavoitteet järjestelmien vaihdoksessa

3.1 Laadunvalvonta

GNSS-mittauksissa ja tasoituslaskennassa noudatettiin pienellä varauksella uudistustarpeessa olevia kaavoitusmittausohjeita, julkisen hallinnon suosituksia sekä mahdollisuuksien mukaan muita alan luotettavia, nykypäivän vaatimusten mukaisia ja hyväksi havaittuja tutkimustuloksia.

Uusiin järjestelmiin siirtymiseksi vertaillaan huolellisesti tässä insinööriyössä esitettyjä vaihtoehtoja ja käytetään hyväksi vastaavanlaisten muunnosprosessien toteutuksissa opittuja huomionarvoisia asioita sekä alan asiantuntijoiden neuvoja.

Maanmittaustekniikan mukainen hyvä mittaustapa on perusedellytys laadukkaisiin tuloksiin. Prosessina staattinen satelliittimittaus jakaantuu useisiin virhealttiin sektoreihin, joten huolellisuus kaikessa toiminnassa on tärkeää. Koordinaatistomuunnokset tulee testata mahdollisimman monipuolisesti ja niiden laatua kuvaavat tunnusluvut analysoida mahdollisimman tarkasti.

Monipuolinen taso- ja korkeuskoordinaatistojen vaihdokseen liittyvistä asioista tiedottaminen sekä organisaation sisäisesti että ulkoisesti on erityisessä avainasemassa.

3.2 Siirtymisaikataulu

Alustava tavoite on saada järjestelmät toimintakuntoon 2012 loppuvuodesta. Tämän edellytyksenä on siirtymisprosessin osakokonaisuuksien tavoitteiden täyttyminen.

3.3 Järjestelmienvaihdosprosessin kustannuksia

Tässä projektissa kustannuksia syntyy projektin suunnitteluun käytetystä työajasta ja polttoainekustannuksista, jotka käsittävät mm. suunnittelutyön, maastokäynnit mitattavilla pisteillä, mittauskampanjan, alan asiantuntijoiden haastattelut sekä muun konsultointiavun. Myös tiedottamisen suunnittelusta ja toteutuksesta yksiköittäin ja tavallisille kuntalaisille aiheutuu kustannuksia. Suurin yksittäinen kustannuserä syntyy Teklan tuoterperheen paikkatietoaineistojen koordinaatistojen vaihdoksesta johtuvasta muunnosajasta, josta seuraa ainakin kahden päivän käyttökato.

Mittaustyö tehtiin kaupungin omana työnä. Ohjelmistojen puutteesta johtuen varsinaisen vektorien tasoituslaskennan sekä muunnosparametrien määrittämisen suoritti Porvoolainen Tripodi Finland Oy.

3.4 Tiedottaminen

Monipuolinen ja selkeä tiedottaminen taso- ja korkeuskoordinaatistojen vaihdoksista organisaation sisäisesti ja ulkoisesti on avainroolissa projektin onnistumiseen sekä lisäkustannusten minimoimiseen. Koordinaatistojen uudistuksista tiedotetaan kaikissa mahdollisissa käytettävissä olevissa vaikutusalueen medioissa. Tällaisia ovat paikallislehdet, -televisio ja -radio. Hankkeesta laaditaan yhteistyössä Rauman kaupungin viestintäyksikön kanssa mahdollisimman selkeät internetsivut, joista jokainen kuntalainen voi etsiä tarkempaa tietoa.

Kunnan ilmoitustauluille laitetaan esitteet projektista ja kaupungin toimipisteisiin tulee saataville tiedotuslehtisiä. Myös uusille rakennusluvan hakijoille annetaan mukaan tiedote koordinaatiston vaihdoksesta. Erityisesti korkeusjärjestelmän vaihdos on asia, joka vaatii tiedottamisen suhteen erityishuomiota rakentajilta ja rakennusvalvonnalta. Tieto uusista järjestelmistä tulee saattaa kaikille rakentajille ja varsinkin kunnan ulkopuolisille urakoitsijoille, jotka toimivat koordinaattitietojen parissa.

3.5 Asiantuntijat ja muiden kuntien kokemukset apuna

Koordinaatistovaihdokset kunnissa ovat laajakantoisia, kalliita ja vaativia prosesseja. Tästä johtuen asiantuntijoita on syytä käyttää apuna. Apua tässä projektissa saatiin Aalto-yliopiston maanmittaustieteiden laitokselta, Geodeettiselta laitokselta, Maanmittauslaitokselta sekä Geotrimiltä. Tietoa suunnittelun pohjalle haettiin mm. Turun kaupungin järjestämästä esityksestä, jossa selvitettiin Turun toimintamalleja uusiin järjestelmiin siirtymiseksi. Porin kaupungin puolesta mittausteknikko Seppo Mäkeläinen antoi neuvoja projektia koskien ja esitteli Porin vastaavan EUREF-FIN- ja N2000-projektin toteutuksen. Myös VR Track Oy:n DI Pasi Kråknäs ja Geopixel Oy:n DI Jukka Hakala ovat antaneet arvokkaita neuvoja.

3.6 Mahdollisia riskejä

Yksi suurimmista riskeistä koordinaatistonvaihdoksessa kohdistuu tiedottamiseen. Vaikka tiedottaminen olisi kuinka hyvin suunniteltua, joku ei välttämättä silti ole tietoinen koordinaattijärjestelmien muutoksista. Inhimilliset virheet ovat mahdollisia järjestelmien vaihdosten aiheuttamien uusien paikkatietojen käyttöönoton vuoksi. Vanhojen jär-

jestelmien eläminen uusien rinnalla pitkälle tulevaisuuteen luo haasteita monilla tavoin. Asiakirjojen hallintaa on tärkeää, koska esim. vanhoissa rakennuspiirustuksissa ei ole välttämättä lainkaan selvitetty, missä korkeusjärjestelmässä korkeustieto on ilmoitettu. Myös kunnan ulkopuoliset koordinaattitietojen kanssa toimivat henkilöt (kuten rakentajat) voivat olla ongelma.

Käytännön mittaustyö on lähes riskitöntä, kun toimitaan mittaussuunnitelman mukaisesti, hyvän mittaustavan periaatteella ja noudatetaan asetettuja virhetoleransseja. Uusiin järjestelmiin siirtymisen ajankohta voi projektin laajuuden vuoksi viivästyä, jos odottamattomia ongelmia ilmenee.

4 Ylemmän luokan runkoverkon GNSS-mittauskampanja

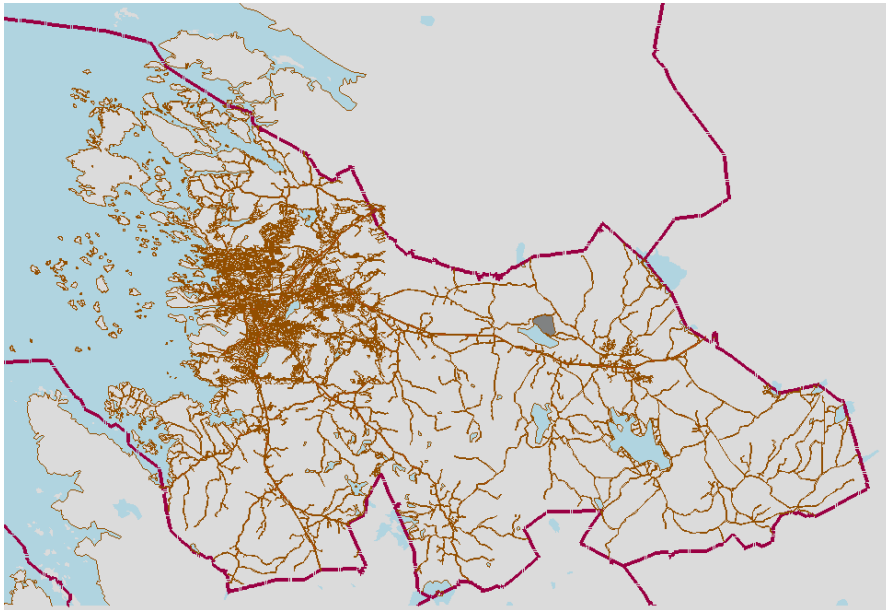
4.1 Lähtötilanne

Rauman kaupungilla on käytössään kartastokoordinaattijärjestelmä, joka alkaa olla uudistustarpeessa. Rauman 4. luokan päärunkoverkko on mitattu staattisella GPS-mittauksella vuosina 1994–2005. Ensimmäiset mittaukset sijoittuvat kauemmas kaupungin keskustasta ja uudemmat mittaukset sijoittuvat keskustaan. Runkopisteitä on etenkin arvokkaimmalla keskustan alueella luonnollisesti runsaasti.

Rauma on mitannut vuodesta 1994 runkoverkkoaan staattisella GPS-mittauksella. Vanhan mittausdatan uudelleen laskentaa ajatellen ensimmäiset mittaukset saattavat olla epätarkempia, johtuen pääasiallisesti kokemattomuudesta GPS-mittauksissa (esim. havaintosession aika suhteessa vektorin pituuteen, korkeudenmittaustavat, riittävä ylimääritys yms.). Myös laitteisto oli sen ajan mittauskäytössä vielä hieman kömpelömpää, kallista ja kehityksensä alkuvaiheessa. Varsinaisia selkeitä ja yhtenäisiä ohjeistuksia ei alkuvaiheessa ollut saatavilla ja annetut ohjeet olivat nykylaadunvalvonnan kannalta alimitoitettuja.

Kuntaliitoksella Rauman kaupunkiin liitettiin Kodisjoki 1.1.2007 ja Lapin kunta 1.1.2009 alkaen (kuva 4). Kummallakaan kunnalla ei ollut minkäänlaista omaa runkoverkkoa liitosvaiheessa. Tämä helpottaa merkittävästi yhtenäiseen Rauman seudun EUREF-FIN-

koordinaatistoon siirtymistä, koska kunnissa ei ole paikallisia erilaisia koordinaattijärjestelmiä.



Kuva 4. Kohdealue.

Kumpaankin kuntaan on lähivuosina määritetty staattisella GPS-mittauksella runkopisteistö, joita voidaan käyttää hyväksi esim. muunnosvaiheessa. Monissa Suomen kunnissa on vastaavanlaisia tilanteita kuntaliitosten johdosta, joten jo olemassa olevan, riittävän laadukkaan tiedon hyväksikäyttöä kannattaa harkita. Mittausten riittävästä laadukkuudesta tulee varmistua, sillä säästäväisyys väärässä paikassa, kuten tämänluontoisissa suurta tarkkuutta vaativissa koordinaatistojenvaihdosprosesseissa, voi löytyä edestä tulevaisuudessa. Pahimmillaan kustannukset ja työmäärä voivat kasvaa moninkertaisiksi.

4.2 Kuntaliitosten vaikutukset

4.2.1 Yleistä

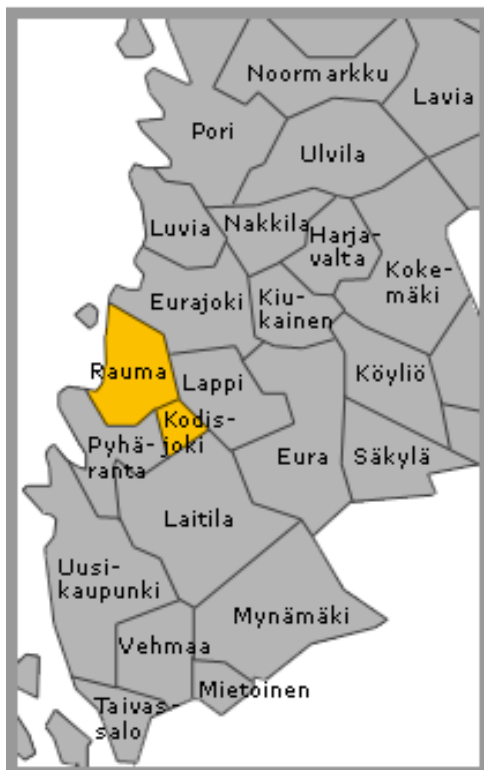
Kuntaliitoksen realisoituessa, tulee tavallisesti eteen myös jo mahdollisesti olemassa olevien koordinaattitietopohjaisten paikkatietojärjestelmien yhteen sulauttaminen tai muilla menetelmillä yhteiskäyttökelpoisiksi rakentaminen. Yhden kunnan sisällä yksi järjestelmä on usein hyvä ja yksinkertainen ratkaisu. Tällaiseen yhdenmukaiseen järjes-

telmään panostaminen voi olla tulevaisuuden kannalta pitkällä aikavälillä hyvä ratkaisu. Uusiin järjestelmiin siirtyminen aiheuttaa usein suuria kustannuksia.

Pienemmissä kunnissa ei välttämättä ole minkäänlaista paikkatietojärjestelmää, kuten tämän insinööriyön Kodisjoella, joka oli Manner-Suomen pienin kunta. Tilanne on tässä tapauksessa helpompi, kun järjestelmien väliset mahdolliset yhteensopivuusongelmat voidaan välttää.

4.2.2 Kodisjoki

Kuntaliitoksella Raumaan liitetty Kodisjoki on ilmakuvaattu vuonna 2007 (kuva 5). Rauman kaupungin kiinteistö- ja mittausoimi mittasi maastoon riittävän määrän ilmakuvauksen orientointiin ja sitomiseen tarvittavia 4. luokan runkopisteitä staattisena GPS-mittauksena keskuspuiteena toimivan tukiaseman suhteen. Mittaukset sidottiin kahteen virtuaalipisteeseen, sekä Rauman ja Säkylän GPSNet-tukiasemiin. Mittauksen suunnittelun ja tasoituslaskennan suoritti Porvoolainen Tripodi Finland Oy. Lopputuotteena entisen kunnan alueelle saatiin 3D-koordinaatit uusille pisteille KKJ- ja N60-järjestelmissä sekä EUREF-FIN-järjestelmässä.

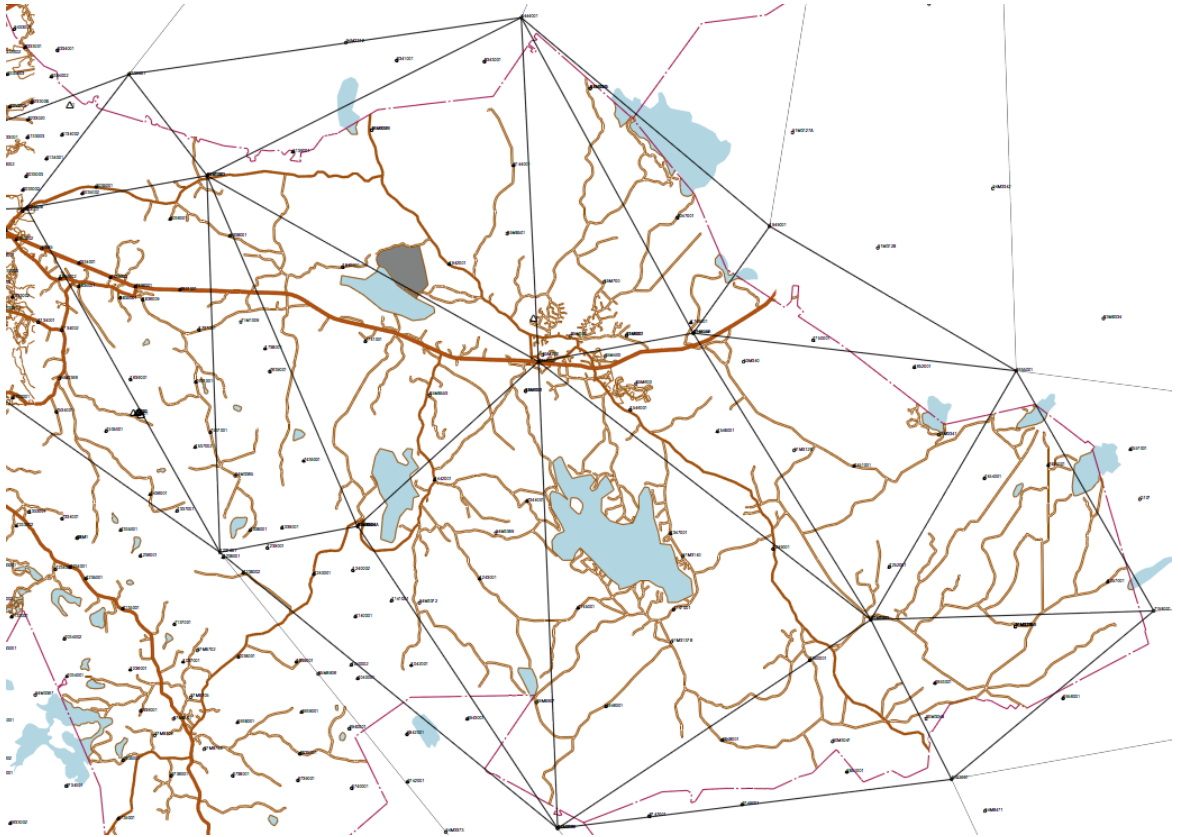


Kuva 5. Rauman ja Kodisjoen vanhat kuntarajat.

Kodisjoen alue ei sinällään aiheuta erityisiä toimenpiteitä tämän projektin kannalta. Mittaukset on tehty riittävän laadukkaalla mittauskalustolla ja laskenta on tehty jo EU-REF-FIN-koordinaatistossa, joten lisämittauksia Kodisjoen alueella ei tarvita. Ainoastaan Kodisjoen keskuspiirteenä käytetty piste 87M8704 mitattiin uudelleen virhekontrollimielessä ja sitä käytettiin Rauman kaupungin muunnosparametrien laskennan yhtenä piirteenä. Tarkkuuden analysoimiseksi mitattuja koordinaatteja verrattiin Maanmittauslaitoksen pisterekisteristä poimittuihin koordinaatteihin. Jokaisen koordinaatin osalta eromitat olivat mittaustarkkuuden sisällä.

4.2.3 Lappi

Lapin kunta ilmakuvaattiin vuonna 2009 Finnmapin toimesta. Ilmakuvausta varten tarvittavan runkopisteistön mittauksen suoritti Tripodi Finland Oy. Lappiin mitattiin riittävän tiheä ja tarkka peruskiintopisteistö staattisella satelliittimittauksella (kuva 6). Peruskiintopisteet sidottiin kiinteisiin GPSNet-verkon tukiasemiin Rauma, Nakkila, Säskylä ja Raisio sekä ns. Lapin keskuspiirteenä, joka määritettiin aikaisemmin mainittuihin tukiasemiin sitoen. Peruskiintopisteistöä tihennettiin edelleen laajemmaksi käyttökiintopisteistöksi käyttäen lähtöpisteinä virtuaalisia tukiasemapisteitä sekä tarkasti määritettyä keskuspiirettä.



Kuva 6. Lapin ylemmän luokan verkkopiirros (kuva Teklan Xcity -ohjelmistosta).

Kaikille pisteille laskettiin koordinaatit sekä EUREF-FIN- että KKJ-järjestelmissä. Muunnos KKJ-koordinaattijärjestelmään tehtiin affinisena muunnoksena (JHS 154). Pisteille laskettiin N60-järjestelmän mukaiset korkeudet FIN2000-geoidimallin avulla.

Koska Lapin alueelle oli näin ollen jo olemassa tuore, käyttökelpoinen ylemmän luokan perus- ja alemman luokan käyttökiintopisteistö, voitiin se alustavasti sulkea pois runkonverkon uudelleenlaskenta -prosessista. Alueella mitattiin silti GPS-mittauskampanjan yhteydessä muutama piste uudelleen virhekontrollimelessä.

4.3 Perustelut uuden tasokoordinaatiston tarpeelle

Euroopan Unionilla on INSPIRE -direktiivin muodossa vaatimus jäsenmaille. Jäsenmaiden on kyettävä toimittamaan ympäristöön liittyvää paikkatietoa yhteiseurooppalaisessa koordinaattijärjestelmässä. Paikkatietoa ei ole pakko tuottaa tietyssä formaatissa, vaan se on tarpeen vaatiessa kyettävä muuntamaan yhteiseurooppalaisen koordinaattijärjestelmän, eli ETRS89-järjestelmän mukaiseksi, esimerkiksi tilaajan niin halutessa (Saarikoski 2007: 84).

Tarkat valtakunnalliset satelliittimittaukset osoittavat, että EUREF-FIN-järjestelmä on merkittävästi tarkempi ja homogeenisempi kuin osin vääristynyt KKJ. KKJ alkaa olla liian epätarkka ja epähomogeeninen nykypäivän tarkkuusvaatimuksiin. KKJ:n mittakaava ja orientointi vaihtelevat vanhan kolmioverkon puutteiden vuoksi, ja nämä virheet ylittävät selkeästi nykyisillä mittauslaitteilla saavutettavan mittaustarkkuuden. Esimerkiksi GNNS -mittauksiin perustuva Geodeettisen laitoksen koko Suomen alueelle laskevan kolmioittaisen affiinisen muunnoksen tarkkuus on erinomainen huonoimmillaankin (< 10cm), toisin kuin KKJ:n pahimmat vääristymät luokkaa 1–2 m.

Amerikkalaisen GPS-satelliittijärjestelmän käyttämä koordinaattijärjestelmä WGS84 on lähes millimetrin tarkkuudella yhtenevä EUREF-FIN:n käyttämän vertausellipsoidin (GRS80) kanssa, joten GPS-mittauksia ei tarvitse muuntaa lainkaan järjestelmien välillä. Toisin sanoen GPS -laitteet toimivat suoraan EUREF-datumissa. Näin ollen EUREF-FIN-järjestelmä on globaalisti toimivien satelliittivastaanottimien luonnollinen 3D-toimintaympäristö, jossa paikkatietoa tulisi tuottaa. Nykyään joudutaan myös aina tekemään muunnos satelliittivastaanottimen tuottaman koordinaattitiedon ja KKJ:n tai muun kunnan käyttämän koordinaatiston välillä. Muunnos sisältää aina virhettä ja on lisäksi monissa projekteissa ylimääräinen työvaihe. Näin ollen satelliittipaikannus helpottuu, kun ylimääräinen muunnosvaihe jää pois, ja voidaan näin ollen toimia yhdessä lähes universaalissa järjestelmässä.

Monet kunnat ja valtion organisaatiot ovat jo siirtyneet käyttämään edellä mainittuja uusia taso- ja korkeusjärjestelmiä. Esimerkkinä ovat Rauman lähinaapuri Pori (2011), Turku (2010) ja Uusikaupunki (2007).

Merkittäviä valtion organisaatioita ovat mm. Maanmittauslaitos ja Merenkululaitos. Maanmittauslaitos siirtyi vuonna 2010 tuotteissaan ja ohjelmistoissaan käyttämään uutta EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmää ja sen kanssa käytettäviä tasokoordinaatistoja ETRS-TM35FIN ja GKn. KKJ:ssä saatavia numeerisia tuotteita on saatavissa Maanmittauslaitokselta vuoden 2012 loppuun. Tämän jälkeen tuki KKJ-koordinaattijärjestelmälle loppuu. Maanmittauslaitos suosittelee kuntia ja kaupunkeja siirtymään viimeistään nyt uuteen ETRS89-järjestelmään. (KKJ -koordinaattijärjestelmän tuki loppuu 2011.)

Maanmittauslaitos joutuu aina muuntamaan kunnan koordinaattitiedon järjestelmänsä omilla muunnosparametreilla, esimerkiksi kartastokoordinaattijärjestelmästä EUREF-FIN-koordinaatistoon. Koska muunnos ei ole koskaan virheetön, paras tie välittää tietoa vaikkapa kunnan ja Maanmittauslaitoksen sekä muiden viranomaisten välillä on suora muunnosparametreista vapaa tie, johon päästään, kun kunnan runkoverkko osin mitataan ja uudelleenlasketaan sekä muu paikkatietoaineisto konvertoidaan EUREF-FIN-järjestelmään.

4.4 3. luokan peruskiintopisteiden GNSS-mittauskampanja

4.4.1 Yleistä tietoa kampanjasta

Rauman kunnan alueelle mitattiin 14.10.–30.10.2011 staattisena GNSS-mittauksena riittävän kattava ja tarkkuuskriteerit täyttävä ylemmän luokan (E3) EUREF-FIN-peruskiintopisteistö. Tämän pisteistön tarkoitus on toimia tulevaisuuden homogeenisenä ja luotettavana peruspisteistönä. Määritettävät pisteet valittiin strategisesti niin, että niitä voitiin käyttää muunnosparametrien määrittämiseen KKJ- ja EUREF-FIN-järjestelmien välille. Lisäksi mitattujen pisteiden on määrä toimia vanhojen KKJ:n aikaisten GPS-mittausten uudelleenlaskennan lähtöpisteinä. Kaiken kaikkiaan mittauksessa oli osallisena 31 pistettä, joista lähtöpisteitä oli 7 kpl ja uusia määritettäviä pisteitä 24 kpl (liite 1.)

4.4.2 GNSS -mittauksen laadunvalvonta ja virhelähteet

Laadunvalvonta on tärkeässä roolissa luotettavien ja laadukkaiden mittaustulosten tuottamisessa. Geodeettiset runkoverkot ovat tarkkuuden suhteen kriittisimpiä, ja niiden suunnittelu, toteutus ja laskenta vaativat näin ollen erityishuomiota. Oikeaa tietoa tulee olla oikeassa paikassa, joten huolellisuus ja suunnitelmallisuus ovat avainroolissa. Virheetöntä mittausta ei olekaan, mutta oikein menetelmin toimittaessa virhelähteiden yhteissumma on mahdollista sovittaa vaadittuihin toleransseihin.

Suunnitellun mittausalueen vektoriverkon on hyvä olla mahdollisimman tasasivuinen. Lähtöpisteiden tulee rajata kohdealueen mitattavat pisteet sisälleen. Yhdessä sulkeutuvassa verkon silmukassa tulisi havaita vektoreita vähintään kahdesta havaintojaksosta

ja verkossa tulisi olla vähintään 15 % riippumattomia, kahteen kertaan mitattuja vektoreita (kaavoitusmittausohjeet 2003). Riittävä ylimääritys parantaa laatua ja luotettavuutta. Näin taataan vektorien riippumattomuus toisistaan ja täten parempi virhekontrolli mm. tasoituskennossa.

Mittausaikana käytettiin mahdollisuuksien mukaan vähintään kahta tuntia vektoria kohti. Yleisenä nyrkkisääntönä on tunti + lisätunti / 10 km. EUREF-liitospisteisiin käytettiin kaksinkertaista redundanssia (ylimääritystä). Tarkat luotausajat määriteltiin erillisellä pisteille liikkumisen työsuunnitelmassa. Korkeuskulman katkaisurajana pidetään oletusarvoisesti 10 astetta, jälkilaskennassa katkaisurajaa voidaan nostaa.

Pakkokeskisten tarkastus kojeiden suhteen on yksi tärkeimpiä toimenpiteitä, jonka pystyy käyttäjä itse tekemään. Valitettavan usein pakkokeskisten tarkastus laiminlyödään ja näin saadaan aikaan systemaattista virhettä. Käytettäessä kaksitaajuusvastaanottimia voidaan ilmakehän ylimmän kerroksen eli ionosfäärin aiheuttama virhe määrittää ja eliminoida. Puisia kolmijalkoja on hyvä käyttää niiden materiaalista johtuvan vähäisen lämpölaajenemisensa vuoksi.

Huolellinen ja ennalta suunniteltu ja harjoiteltu toiminta on tärkeä tekijä huolimattomuuden ja kokemattomuuden aiheuttaman virheriskin pienentämiseksi. Tässä luvussa esitetyt ja esiteltävät erilaiset virhetekijät tulee tiedostaa, jotta osaa toimia oikein hyvän mittaustavan mukaisesti (kuva 7.)

Itse satelliittipaikannukseen on monia vaikuttavia häiriötekijöitä. Yksi suurimmista tällaisista virhelähteistä on maan ilmakehä. Ilmakehän eri kerrokset kuten ionosfääri ja troposfääri vaikuttavat satelliitin signaalin etenemisnopeuteen. Tämä aiheuttaa virhettä satelliittien etäisyyden tarkkuuteen, joka voidaan kuitenkin kaksitaajuusvastaanottimilla tehokkaasti eliminoida. 2-taajuushavaintoja on syytä tehdä, kun vektorin pituus on yli 10 km.

Auringon aktiivisuus voi aiheuttaa virheitä paikannukseen. Auringon aktiivisuus kulkee 11 vuoden sykleissä, ja seuraavaa aktiivisuuspiikkiä on ennustettu vuoteen 2013. Tällöin tapahtuva ns. auringonpilkkumaksimi aiheuttaa avaruussäähän häiriöitä eniten. Auringonpilkkumaksimi voi aiheuttaa haittavaikutuksia satelliittien toimintaan ja tätä kautta GPS-signaaleihin. Tietoa käynnissä olevista avaruussäähäiriöistä saa mm. Ilma-

tieteen laitokselta osoitteesta <http://aurora.fmi.fi> (Auringon aktiivisuuden kasvu hidasta 2011).

Muita virhelähteitä ovat virheet satelliittien ratojen määrittämisessä ja kellonajoissa, itse vastaanottimesta aiheutuvat virheet sekä monitieheijastumat. Monitieheijastumassa signaali satelliitista vastaanottimeen ei tule suorinta reittiä, vaan heijastuu jostakin pinnasta tai esineestä, kuten metallista, teräsbetonista, lasista tai vedenpinnasta. Hyvä tapa on jättää mittauksissa ainakin auto riittävän etäälle vastaanottimesta.

Satelliittigeometrialla eli satelliittien keskinäisellä sijoittumisella taivaalla voi olla suuri vaikutus paikannustarkkuuteen. Yleensä ei ole hätää, jos näkymä taivaalle on esteetön, sillä nykyisellä GPS- ja Glonass-satelliittien määrällä staattinen mittaus onnistuu läpi vuorokauden. Jos kyseessä on hieman peitteisempi piste, on aina syytä laatia sopivalla ohjelmalla uusimpia satelliittialmanakkoja käyttäen esteellisyySPIIRROS, josta selviää suotuisin mittaussijainta. Pistettä tulee näkevöittää ja vektorin mittausaikaa kasvattaa niin paljon kuin käytännön järjestelyjen kannalta on mahdollista tällaisessa tilanteessa.

Kojevirheet:

- mekaaniset virheet
- elektroniset virheet

Inhimilliset virheet:

- tietämättömyys
- kokemattomuus
- huolimattomuus

Mittausolosuhteiden aiheuttamat virheet:

- sään ja lämpötilan vaihtelut sekä muut ilmakehän ilmiöt
- auringon aktiivisuusjaksot
- ympäristön tärinä, melu, pöly
- monitieheijastus
- näkyvyyden esteet satelliittien ja vastaanottimen välillä
- pisteiden keskinäinen näkyvyys vektorin mittaussijaintana
- satelliittigeometria

Kuva 7. GNSS -mittauksen virhelähteitä.

4.4.3 Mittauskalusto ja -henkilöstö

Mittauksissa käytettiin kahta Metropolia Ammattikorkeakoululta kahdeksi viikoksi lainaan saatua Trimble R8 GNSS 2 -taajuussatelliittivastaanotinta sekä kaupungin kahta vastaavaa laitetta. Lisäksi Olkiluodon kiinteällä FinnRef-tukiasemalla oli Astech Z-XII-vastaanotin ja Dorne Margolin Type T -antenni. Käytettävissä oli pääasiassa neljä vastaanotinta, mutta muutamana päivänä yksi vastaanottimissa oli Rauman kaupungin kiinteistö- ja mittaustoimen käytössä muissa mittaustehtävissä. Jalustoina käytettiin puisia ja tukevia kolmijalkoja. Pakkokeskiset tarkastettiin ennen mittausten alkua ja mittausten aikana säännöllisesti. Antennien pienien alkuperäisakkujen lisänä käytettiin pitkissä sessioissa suurempia akkuja, jotka takasivat riittävän akkukeston.

GNSS-mittaukset suoritti pääosin tämän insinööriyön tekijä sekä muutamana päivänä arvokkaana apuna olleet Rauman kaupungin kiinteistö- ja mittaustoimen työntekijät.

4.4.4 Mittauskampanjan suunnittelu ja valmistelu

4.4.4.1 Yleistä

GNSS -mittauskampanjan suunnittelu aloitettiin kesällä 2011 keräämällä tietoa ja kokemuksia vastaavan kaltaisista projekteista (luku 2.5). Tiedonkeruun jälkeen ryhdyttiin luomaan selkeää ja kattavaa mittaussuunnitelmaa, joka aloitettiin etsimällä soveltuvia pisteitä pistekortteineen käyttäen apuna Maanmittauslaitoksen ammattilaisen kartta-paikkaa sekä kunnan omaa paikkatietojärjestelmää (taulukko 1). Myös mittamiesten ja mittaustyönjohtajien muistikuvat hyvistä mahdollisista pisteistä helpottivat sopivien pisteiden etsintää.

Taulukko 1. Ote mittaussuunnitelman sessioaikataulutuksen ensimmäisestä päivästä.

Päivä 1 - 22.10.2011 lauantai						
	Piste	Vastaanotin 1	Vastaanotin 2	Vastaanotin 3	Vastaanotin 4	Lisätietoja
Sessio 1	8033008	7.00-10.00				
	93M9330		7.30-10.30			
	93M9329			8.00-11.00		
	89M1096				8.30-11.30	
Sessio 2	8033008->78M7809	10.30-13.30				akun vaihto
	93M9330		11.00-14.00			akun vaihto
	93M9329			11.30-14.30		akun vaihto
	89M1096->8033008				12.00-15.00	akun vaihto
Sessio 3	78M7809	14.00-17.00				akun vaihto
	93M9330->89M1096		15.30-18.30			akun vaihto
	93M9329			15.00-18.00		akun vaihto
	8033008				14.30-18.30	akun vaihto

4.4.4.2 Pisteiden valinta

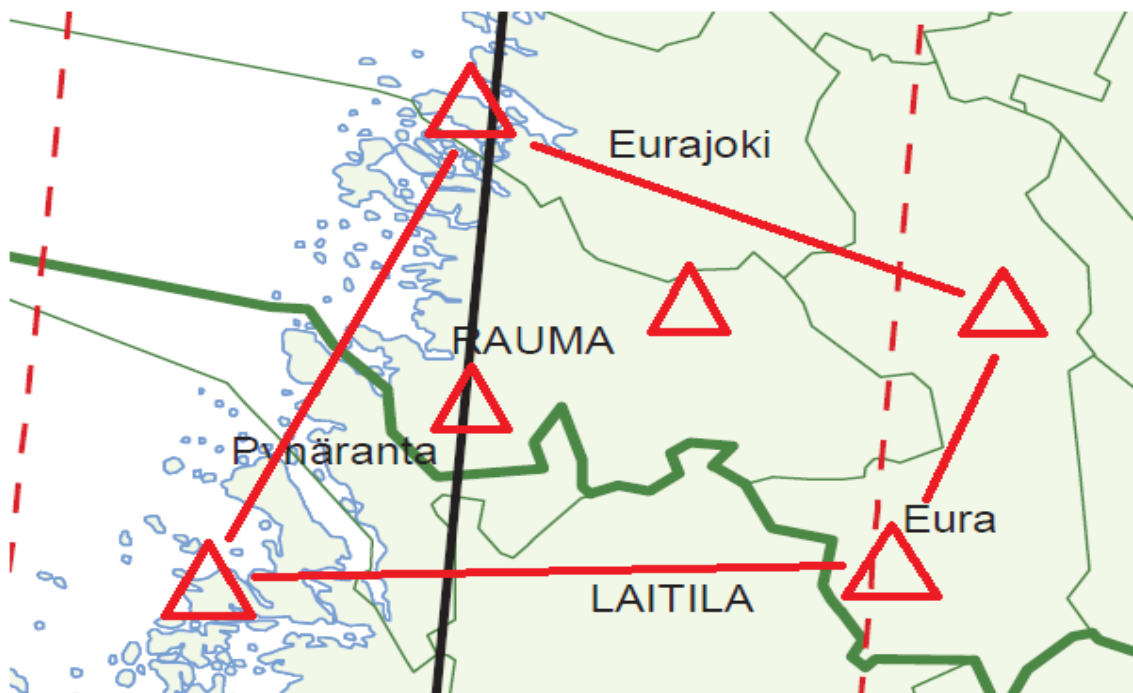
Kriteereinä soveltuviksi pisteiksi pidettiin niiden tukevaa ja mahdollisimman liikkumataonta rakennuspohjaa ja ympäristöä sekä riittävää esteettömyyttä satelliittimittausten kannalta. Aikaisempien runkoverkkojen pääpisteiden historian selvitykseen keskitettiin huomiota. Mittausten kannalta yksi merkittävimmistä pisteistä oli Rauman vesitornin valtion kolmiopiste, josta alun perin lähdettiin rakentamaan Rauman runkoverkkoa kolmiomittausmenetelmin. Mittaussuunnitelmassa huomioitiin myös muut merkittävät entisen runkoverkkojen kannalta oleelliset pääpisteet, joiden suhteen paikkatietoa on tuotettu. Tällaisiksi pisteiksi valittiin Kodisjoen ja Lapin mittausten keskus pisteet sekä Rauman satamassa sijaitseva Suomen Viljavan viljasiilon päällä oleva valtion piste.

Vesitornin kaltaisten rakennusten päälle rakennettuja pisteitä käytettäessä toistuvat mittaukset tulisi suorittaa ajankohtana, jolloin vesimäärä on rakennuksessa sama. Näin suuressa rakennuksessa vesimäärien vaihtelut voivat aiheuttaa virhettä paikanmääritykseen rakennuksen eläessä. Viljasiilon päällä oleva piste suunniteltiin mitattavaksi ajankohtana, jolloin siiloissa ei ole merkittävää tärinää.

Potentiaalisille, sopiviksi valituille pisteille suoritettiin kesä-elokuussa 2011 maastokäynnit, jotta nähtäisiin pisteiden lopullinen soveltuvuus mittaukseen. Maastokäynnit

paljastivat pisteen sopivuuden satelliittimittaukseen. Maastokäyntien yhteydessä suoritettiin pisteiden riittävä näkevyitys satelliittimittauksen kannalta sekä maalipinnan ja mahdollisten sidemittojen ehostus. Muutamasta pienin osin peitteisestä pisteestä laadittiin erillinen esteellisyyspiirros Trimble Planning -ohjelmalla, jotta nähtäisiin otolliset hetken pisteen satelliittimittaukseen (liite 2). Lisäksi laadittiin lyhyt pistekohtainen ominaisuuksienkuvaustaulukko (liite 3).

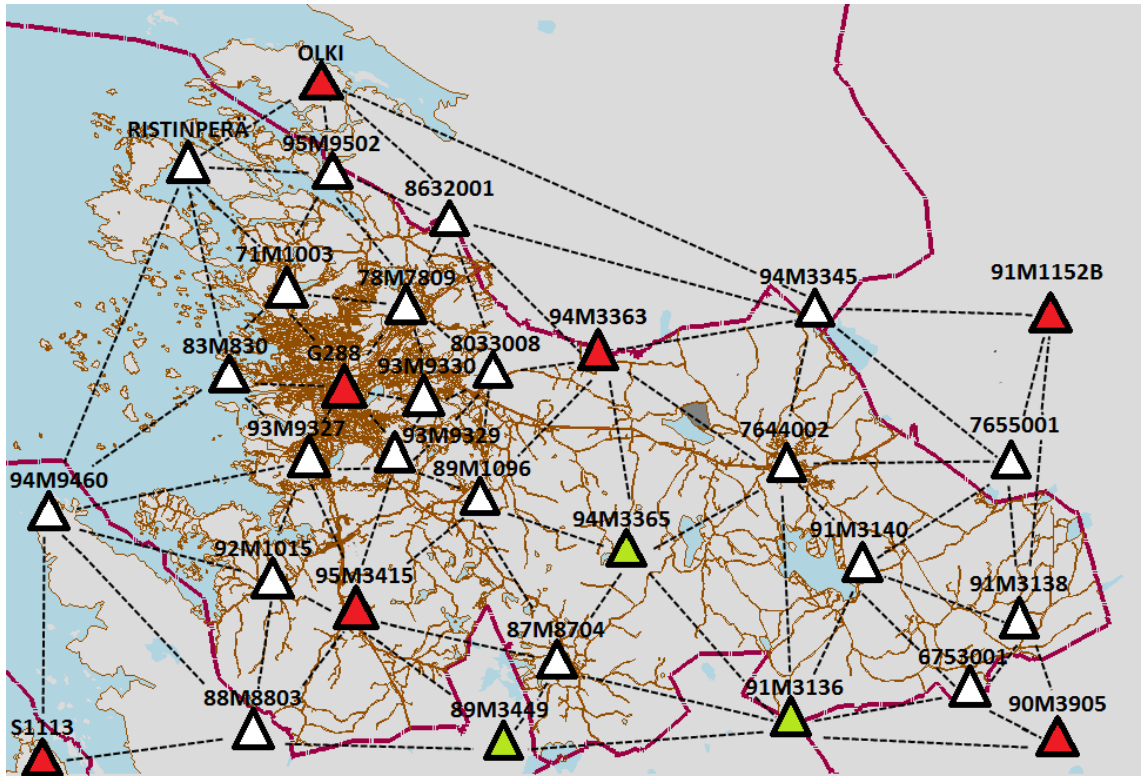
Lähtökohtana laadukkaalle toteutukselle on, että kohdealue jää kokonaan tunnettujen lähtöpisteiden rajaaman monikulmioalueen sisälle (kuva 8). Myös kunnan sisältä on hyvä olla muutamia kohdekoordinaatistossa tunnettuja pisteitä lähtöpisteinä. Mittausten laadunvalvonnan kontrollipisteiksi voidaan ottaa saman luokan kiintopisteitä kuin on mittausten tavoiteluokka. Tätä tarkoitusta varten Maanmittauslaitoksen 3. luokan EUREF-tihennyspisteitä otettiin mittauskampanjassa mukaan 3 kpl, jolloin omien staattisten GNSS-mittausten yhteensopivuutta alueella ennestään olevaan pisteistöön voitiin verrata.



Kuva 8. Periaatekuva - kohdealue tunnettujen pisteiden rajaaman alueen sisällä.

Lähtöpisteiksi valittiin verkkohierarkiaa noudattaen vain tarkimpia luokan E1 ja E2 valtakunnallisia kolmiopisteitä. Määritettävien pisteiden tarkkuuden tavoiteluokaksi asetettiin E3-luokka. Lähtöpisteiksi valittiin seitsemän kappaletta 1. ja 2. luokan valtakunnallisia EUREF-FIN-kolmiopisteitä, joista yksi oli Olkiluodon FinnRef-tukiasema (kuva 9).

Suunnitelmissa oli alun perin käyttää Geotrimin VRS -verkon tukiasemia lähtöpisteinä, mutta suunnitelmasta luovuttiin periaatteellisesti VRS-asemien toistaiseksi epäselvän verkkohierarkian vuoksi. Uusi julkisen hallinnon suositus tulee tämän vuoden aikana selventämään, millaisten kriteerien täytyessä tukiasemat voidaan luokitella tiettyyn luokkaan.

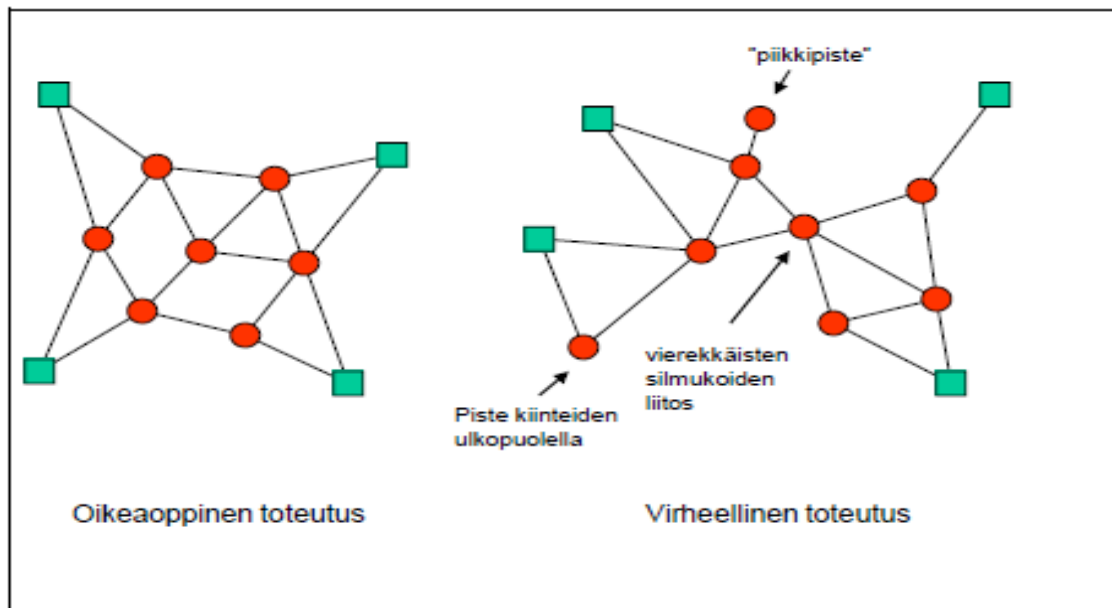


Kuva 9. GPS -mittauskampanjan vektoripiirros. Punaiset kolmiot ovat EUREF-FIN lähtöpisteitä, valkoiset kolmiot uusia määritettäviä pisteitä ja vihreät kolmiot kontrollipisteitä. Liitteessä 1 on isompi kuva vektoripiirroksesta.

4.4.4.3 Verkon suunnittelu

Painopistettä mittauksissa pyrittiin suuntaamaan keskustan kaavoitetulle alueelle sen suurimman arvokkuuden vuoksi. Vektoriverkon rakenteen homogeenisyyteen kiinnitettiin erityishuomiota. Verkko suunniteltiin niin, että tasokiintopisteiden välille muodostui vain kolmikulmaisia silmukoita, joiden vektorit olivat mahdollisimman tasasivuisia (kuva 10). Jokaiselle pisteelle tuli vähintään 3 vektoria. Näin varmistettiin jokaiselle pisteelle riittävä määrä useammassa havaintojaksossa mitattuja vektoreita. Lisäksi laadunvalvonnan nimissä 15 % vektoreista mitattiin uudelleen, jotta saatiin riittävä ylimääritys vektoriprosessoinnin ja tasoituslaskennan tarkkuustarkasteluun. Lähtöpisteiden liitos-

mittauksissa käytettiin kaksinkertaista redundanssia. Havaintosessioiden helpommaksi hahmottamiseksi havaintosessiot piirrettiin mittaussuunnitelmaan eri värein.



Kuva 10. Esimerkki oikeaoppisesta verkonrakenteen suunnittelusta. (Kiintopistemittaus EUREF-FIN -koordinaattijärjestelmässä suositusluonnos 2012: s. 9)

4.4.4.4 Vastaanottimien asetukset ja kaluston tarkistus

Kaikkiin Trimble R8 GNSS -vastaanottimiin luotiin oma mittausprofiili, johon määriteltiin tarkemmat yhtenäiset mittausasetukset. Korkeuskulman katkaisurajaksi asetettiin 10° ja tallennustiheydeksi 30 sekuntia. Havaintovälin tihentämisellä ei ole todettu olevan vaikutusta geodeettiseen tarkkuuteen tai vaadittavaan havaintoaikaan (Häkli ym. 2008.)

4.4.5 Käytännön mittaustyö

Mittaukset aloitettiin jo muutamaa päivää aiottua ajankohtaa aikaisemmin yllättävien virheiden varalta. Näin jäi enemmän aikaa perehtyä huolellisesti kaluston toimintaan, tarkistuksiin ja pisteiden välillä siirtymisten tarkempaan suunnitteluun. Menettely säästi aikaa, koska muutama piste oli yllättäen tuhoutunut. Erään pisteen rautatapin oli metsäkone jyrännyt käyttökelvottomaksi. Tuhoutuneiden pisteiden tilalle otettiin käyttöön ennalta suunnitellut riittävän hyvät varapisteet. Myrskyävä meri tuotti pahoja ongelmia muutaman rannikon pisteen mittaamiseksi. Tähän oli varauduttu jo aiemmin, joten tästä syystä käytettiin toista, helppopääsisempää pistettä. Muutama akku osoittautui

mittausten alussa varauskyvyltään lähes käyttökelvottomaksi, joten ne poistettiin käytöstä ja tilattiin lisää uusia.

Mittauspäivän aluksi ensimmäistä kertaa pisteillä käytäessä suoritettiin varmuuden vuoksi ensin kontrollimittaus, jotta voitiin varmistua, että varmasti oltiin oikealla pisteellä. Ennen jokaista mittausseksiota mitattiin vastaanottimen korkeus huolellisesti (pohjasta) millimetrin tarkkuudella jokaiselta kolmelta sivulta ja merkittiin korkeuden keskiarvo mittausta varten tehtyyn kaavoitusmittausohjeiden vaatimukset täyttävään havaintolomakkeeseen (liite 4). Vastaanottimen mitatessa täytettiin havaintolomakkeen lopputiedot. Vastaanottimen korkeus mitattiin myös session päätyttyä ja tarkastettiin, että havaintoprosessi oli käynnissä. Jos samaa pistettä käytettiin uudessa havaintosessiossa, vastaanotin alustettiin ja keskistettiin uudelleen.

Jokaisen päivän loppuun mittauskalusto tuotiin lämpimiin sisätiloihin ja akut laitettiin lataukseen. Kaikki mittausdata purettiin tallentimista ja lajiteltiin laite- sekä päiväkohtaiseen kansioonsa. Datat varmuuskopioitiin useampaan eri mediaan. Tämän jälkeen käytiin läpi seuraavan päivän mittaus suunnitelma siirtymisineen.

Mittaukset sujuivat kampanjan ajan aikataulussa eikä alun muita odottamattomia ongelmia ilmennyt. Kuten jo edellä todettu, aikaa on aina syytä varata odottamattomien sattumien varalle. Liian tiukka mittausaikataulu voi kostautua yllätyksillä.

4.5 GNSS-datan laskentaprosessi

4.5.1 Vektorien laskenta

Alkuperäisen suunnitelman mukaan vektorit oli tarkoitus laskea kaupungin omana työnä päiväkohtaisesti Trimblen Geomatics Office (TGO) -ohjelmalla, jotta mahdolliset uusintamittaukset voidaan suunnitella. Kun ensimmäiset mittaukset valmistuivat, havaittiin, että vektorien laskenta ei kuitenkaan onnistunut, koska tuntemattomasta syystä johtuen TGO -ohjelma ei pysty prosessoimaan 14.9.2011 jälkeen tehtyjä GPS-havaintoja. Trimble ei enää tee tähän ohjelmaan korjausta, koska ohjelman kehitystyö lopetettiin jo 2005. Trimble kehottaa käyttäjiään siirtymään uuteen vanhan ohjelmiston korvaavaan Business Center -ohjelmistoon. Vektorit päätettiin poikkeuksellisesti laskea

konsultin toimesta vasta mittauskampanjan jälkeen, koska sopivaa ohjelmaa ei pystytty hankkimaan.

Vektorien laskenta suoritettiin Tripodi Finlandin toimesta Astechin GNSS Solutions v. 3.70.5 -ohjelmistolla. Laskennassa käytettiin Trimble R8 GNSS -antennin sähköisen keskipisteen National Geodetic Survey (NGS) kalibrointiparametrejä sekä International GNSS Servicen (IGS) precise ephemeris -rataparametrejä mukaan lukien tarkkoja aika- ja ionosfääritietoja (Antenna calibrations 2012). IGS:n tarkat ratatiedot valmistuvat n. 12 päivää mittausajankohdan jälkeen. Mittauksissa käytetyt Trimble R8 -vastaanottimet tukivat GPS- ja Glonass-satelliittipaikannusjärjestelmiä, joten IGS:n tarkat parametrit haettiin luonnollisesti molemmille järjestelmille. Tarkkojen rataparametrien etuja ovat mm. tarkemmat (paremmat RMS-tunnusluvut) ja luotettavimmat (paremmat ratio-tunnusluvut) vektorit sekä float-ratkaisujen huomattava väheneminen.

Laskenta suoritettiin päiväkohtaisesti. Laskennassa huomioitiin vain ei-triviaalit vektorit, eli vektorit, jotka eivät ratkea esim. trigonometrisesti muiden vektoreiden avulla. Triviaalit vektorit eivät anna tasoituslaskentaan parempaa tarkkuutta. Ainoastaan alkutuntemattomat ratkaisevat ns. fixed-ratkaisut hyväksyttiin. Ylimääritettyjen vektoreiden kesken tehtiin vertailua laadunvalvontamielessä. Ylimääritetyistä vektoreista jätettiin jäljelle vain parhaat. Myös tilastollisen Tau-testin paljastamat karkean virheen omaavat huonot vektorit poistettiin. Vektoriprosessoinnin jäännösvirheet olivat vektorien osalta 3.3-4.0 ppm. Jäännösvirheet olivat hieman odotettua suuremmat. Tämän arveltiin johtuvan käytetyn mittauskaluston ominaisesta tarkkuudesta. Ongelmia itse tasoituksessa ei kuitenkaan ilmennyt.

4.5.2 Vapaa verkkotasointus

Tripodi Finland suoritti vapaan verkkotasoinnin Astech Solutions -ohjelmistolla (versionumero 2.7). Laskenta suoritettiin EUREF-FIN-koordinaatistossa. Vektorilaskennan vektorit tuotiin päiväkohtaisesti ja tehtiin viimeinen karsinta huonommista ja selvästi liian lyhyen (< 30 min) luotausajan omaavista vektoreista.

Vapaan verkon tasoituksessa Olkiluodon FinnRef-tukiasema asetettiin kiinteäksi. Verkon homogeenisuutta tarkasteltiin vertaamalla lähtöpisteiden istuvuutta alkuperäisiin Geo-

deettisen laitoksen mittaamiin EUREF-koordinaatteihin (kuva 11). Pisteiden todettiin asettuvan riittävän hyvin "oikeisiin" koordinaattiarvoihinsa nähden. Tämän perusteella voidaan todeta, että lähtöpisteiden osalta deformaatioita ei ole.

	<u>Site ID</u>	<u>Control Site Descriptor</u>	<u>Control Type</u>	<u>Misclosure</u>	
1	3363	3363	Hor/Ver	Lat	-0.016
				Lon	0.012
				Elv	0.024
2	3415	3415	Hor/Ver	Lat	-0.018
				Lon	0.007
				Elv	-0.006
3	OLKI	OLKI	Hor/Ver	Lat	Fixed
				Lon	Fixed
				Elv	Fixed
4	3905	3905	Hor/Ver	Lat	-0.015
				Lon	0.033
				Elv	-0.019
5	1113	1113	Hor/Ver	Lat	-0.040
				Lon	-0.006
				Elv	0.025
6	1152	1152	Hor/Ver	Lat	-0.022
				Lon	0.023
				Elv	0.009
7	G288	G288	Hor/Ver	Lat	-0.013
				Lon	-0.013
				Elv	-0.015

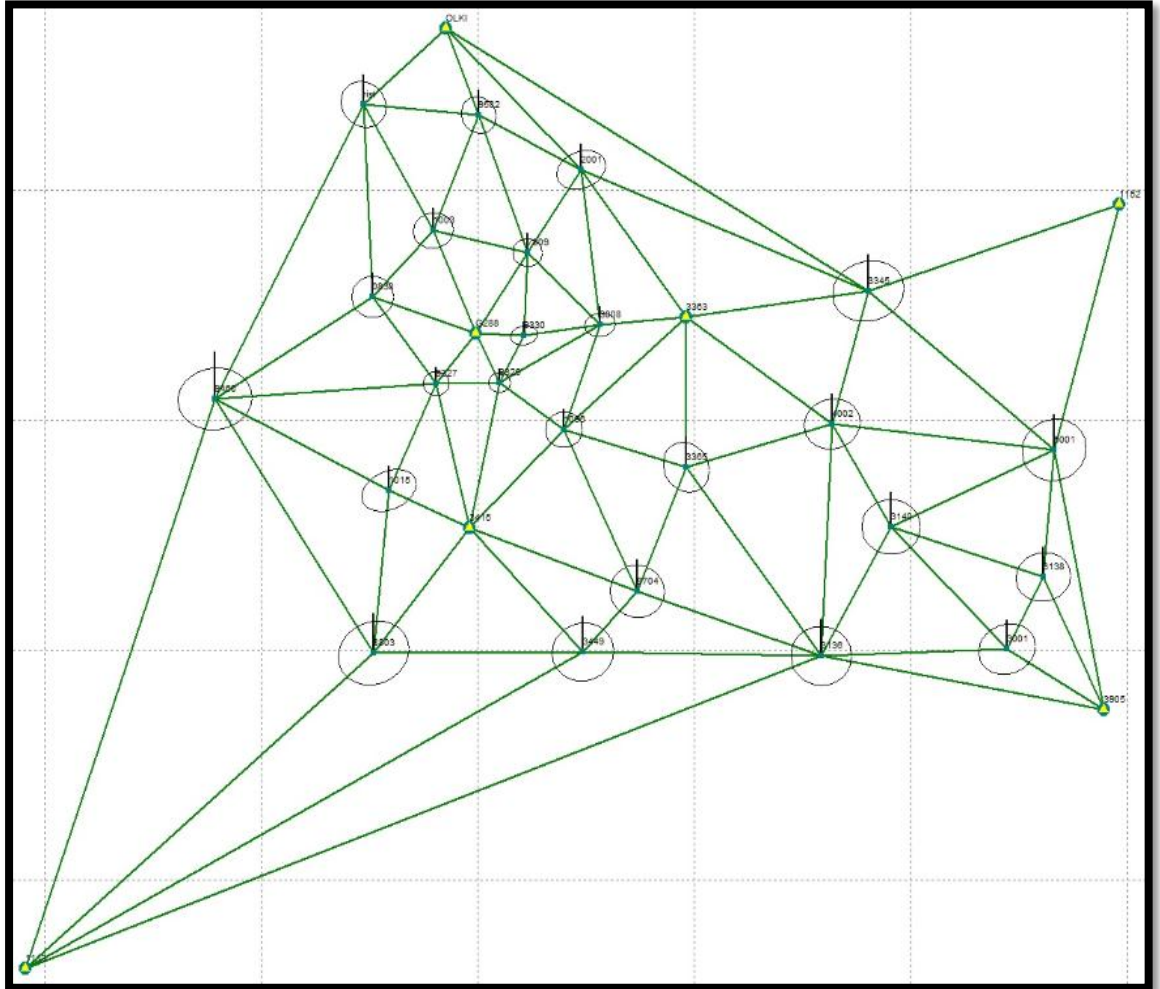
Kuva 11. Vapaan verkon homogeenisuuden tarkastelua lähtöpisteiden perusteella. Kiinteänä pisteenä Olkiluodon piste.

Tarkkuutta tutkittiin analysoimalla vapaan verkon tasoituksen pisteiden pistevirheitä sekä vektoreiden suhteellisia tarkkuuksia ja jäännösvirheitä. Tasoituksen suhteelliset virheet olivat maksimissaan 1.3 ppm luokkaa tasossa ja korkeuden osalta 1.2 ppm. Vapaan verkon tasoituksen laskentatulokset vektorikohtaisesti ovat liitteessä 5.

4.5.3 Kytkeyty verkkotasointus

Kytkeyty verkon tasointus suoritettiin kiinnittämällä kaikki mittausten lähtöpisteet (kuva 12). Tarkkuuden analysointi suoritettiin pistevirheiden ja tasoitettujen vektoreiden suhteellisten tarkkuuksien ja jäännösvirheiden perusteella. Kaikki 24 uutta määritettyä pistettä olivat tasoituksen tulosten perusteella hyviä tarkkuudeltaan. Kaikkien pisteiden

pistevirheet olivat korkeintaan 10 mm ja suhteelliset virheet tasossa suurimmillaan 1.7 ppm ja korkeudessa 1.4 ppm. Kytkeytyn verkkotasoituksen laskentatulokset vektorikohtaisesti ovat liitteessä 6 ja pistekohtaisesti liitteessä 7.



Kuva 12. Kytkeytyn verkon tasoitus (Astech Solutions).

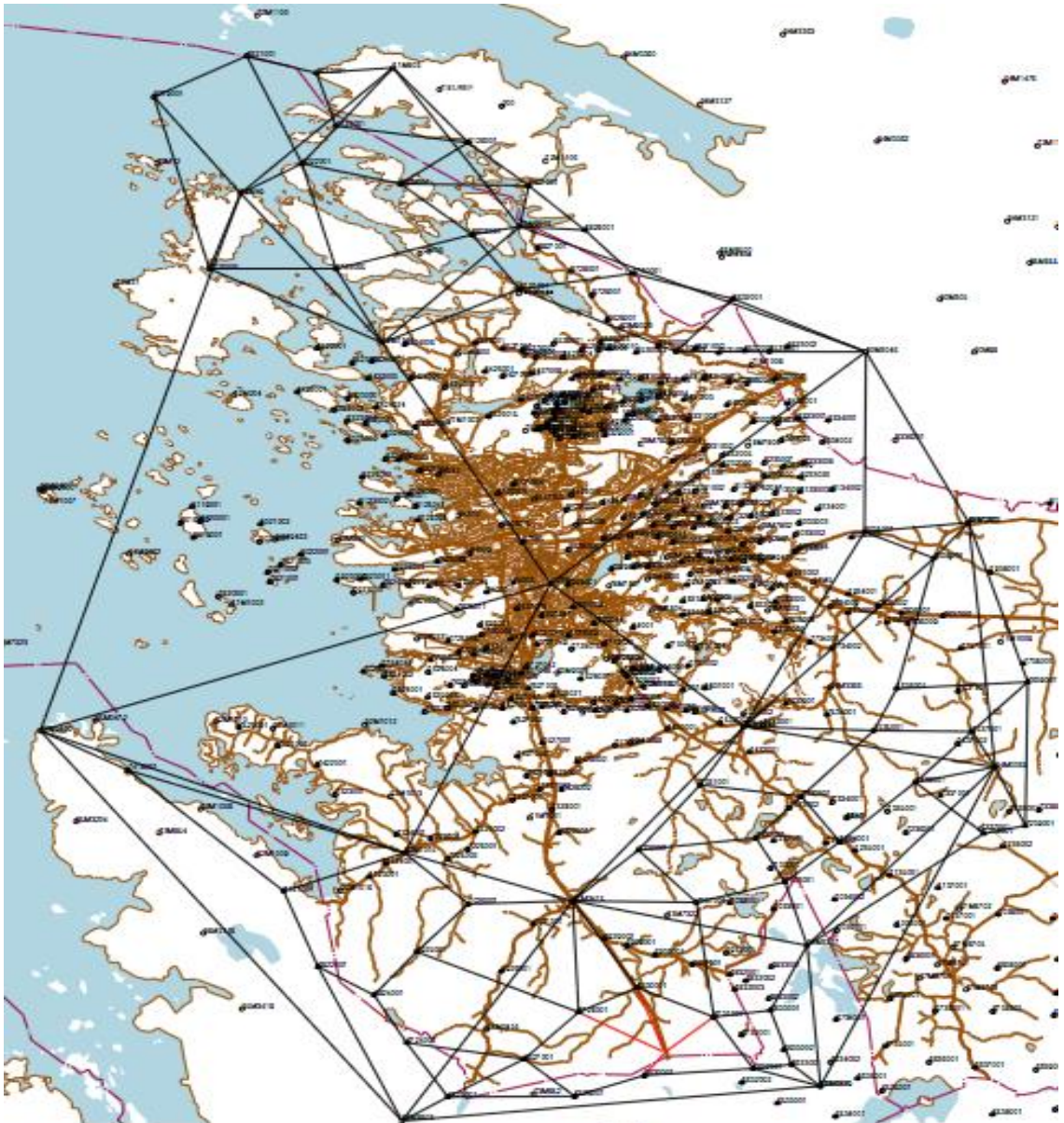
Verkon yhteensopivuutta ennestään mittausalueella olemassa oleviin EUREF-FIN-kiintopisteisiin tarkasteltiin kolmen Maanmittauslaitoksen 3. luokan EUREF-FIN-kontrollipisteen avulla (taulukko 2). Yhteensopivuuden ehtona on EUREF-FIN-pisteiden E3-luokalle asetetut toleranssit. Suurin sallittu ero tasossa on 25 mm ja korkeudessa 50 mm. GNSS-kampanjan suurin ero vanhoihin pisteisiin oli tasossa 20 mm ja korkeudessa 28 mm. Uuden mittauksen tulokset olivat näin ollen yhteensopivia aikaisemmin suoritettujen mittauksen kanssa. Maanmittauslaitoksen koordinaattiarvot jäävät täten kontrollipisteiden osalta voimaan ja muut mitatut pisteet luokiteltiin E3-luokkaan kuuluviksi.

Taulukko 2. Kontrollipistevertailu GNSS-mittauskampanjan ja Maanmittauslaitoksen pisteiden välillä.

Kontrollipistevertailu			
Piste: 89M3449			
	X	Y	H
Rauman kaupunki	6774888,437	209841,971	38,419
MML	6774888,417	209841,979	38,447
ero	0,020	-0,008	-0,028
Piste: 94M3365			
	X	Y	H
Rauman kaupunki	6782956,358	214615,857	46,67
MML	6782956,354	214615,867	46,675
ero	0,004	-0,010	-0,005
Piste: 91M3136			
	X	Y	H
Rauman kaupunki	6774735,862	220852,834	52,948
MML	6774735,855	220852,836	52,968
ero	0,007	-0,002	-0,020

4.6 4. luokan runkoverkon uudelleenlaskenta EUREF-FIN-koordinaatistossa

Rauman kaupungin 4. luokan runkoverkko lasketaan tulevana vuonna 2012 mahdollisuuksien mukaan osin uudelleen käyttämällä aikaisempia GPS -havaintoja vuosilta 1994–2005, jotka on sidottu aikanaan Geodeettisen laitoksen ja Maanmittauslaitoksen valtakunnallisiin KKJ-monikulmiopisteisiin (kuva 13). Kaikki mitatut ratkeavat vektorit tasoitetaan yhtenä massana. Tämän kokonaisuuden virhetarkastelu tulee paljastamaan runkoverkon homogeenisyyden, mitä virheille voidaan tehdä ja tarvitaanko uusia mittauksia. Runkoverkossa ei lähtökohtaisesti epäillä olevan pahoja vääristymiä, koska valtakunnallisten pisteiden avulla tehdyt alustavat testit eivät tuoneet niitä esille lukuun ottamatta rannikon epätarkempia virtuaalipisteitä.



Kuva 13. Yksi viimeisimmistä GPS-mittauskampanjoista ennen kuntaliitoksia vuonna 2005. (Tekla Xcity)

Jotta uudelleenlaskenta voidaan toteuttaa, pitää vanhat mittaukset sitoa EUREF-FIN -järjestelmässä tunnettuihin Geodeettisen- ja Maanmittauslaitoksen mittaamiin valtakunnallisiin pisteisiin sekä GNSS-mittauskampanjan tuottamiin ylemmän luokan EUREF-FIN -pisteisiin. Nämä 3. luokan EUREF-peruspisteet on valittu strategisesti niin, että niitä voidaan käyttää vanhempien GPS-mittausten (kuten vuoden 2005 GPS-mittauskampanjan) uudelleen laskennassa lähtöpisteinä. Käyttämällä tunnettuja EUREF-FIN-pisteitä kiinteinä lähtöpisteinä, voidaan uudet koordinaatit laskea kaupungin runkopisteille. Pisteitä on em. strategisen suunnittelun ansiosta kaupungin runkoverkon ulkoa ja sisältä, jotta verkon rakenteesta tulee hyvä. EUREF-liitospisteiden kautta mi-

tattavat vektorit sulkevat koko kunnan runkoverkon sisälleen. Tämä on perusedellytys tarkassa ja hyvän mittaustavan mukaisessa toteutuksessa.

Rannikon seutu tuotti aluksi tämän seikan suhteen ongelmia, koska rannikolta ei ole mitattu lainkaan EUREF-FIN-järjestelmässä tunnettuja koordinaatteja minkään organisaation toimesta. Ongelmaan saatiin ratkaisu ylemmän luokan mittauskampanjassa, jossa huomioitiin sopivien pisteiden mittaus rannikkoseudulle. Rannikolta tarvitaan tunnettuja EUREF-pisteitä, jotta uudelleen laskennan tuloksiin saadaan parempi sidonta ja näin ollen laadunvarmistus.

Jos olemassa olevan runkoverkon aikaisempien mittausten vektorit eivät täytä virhetoleransseja, suoritetaan täydentäviä GNSS-mittauskampanjoita. Uudelleenmittaus voidaan suorittaa alimman luokan pisteiden osalta myös takymetrimittauksin.

5 Tasokoordinaattijärjestelmän muunnos

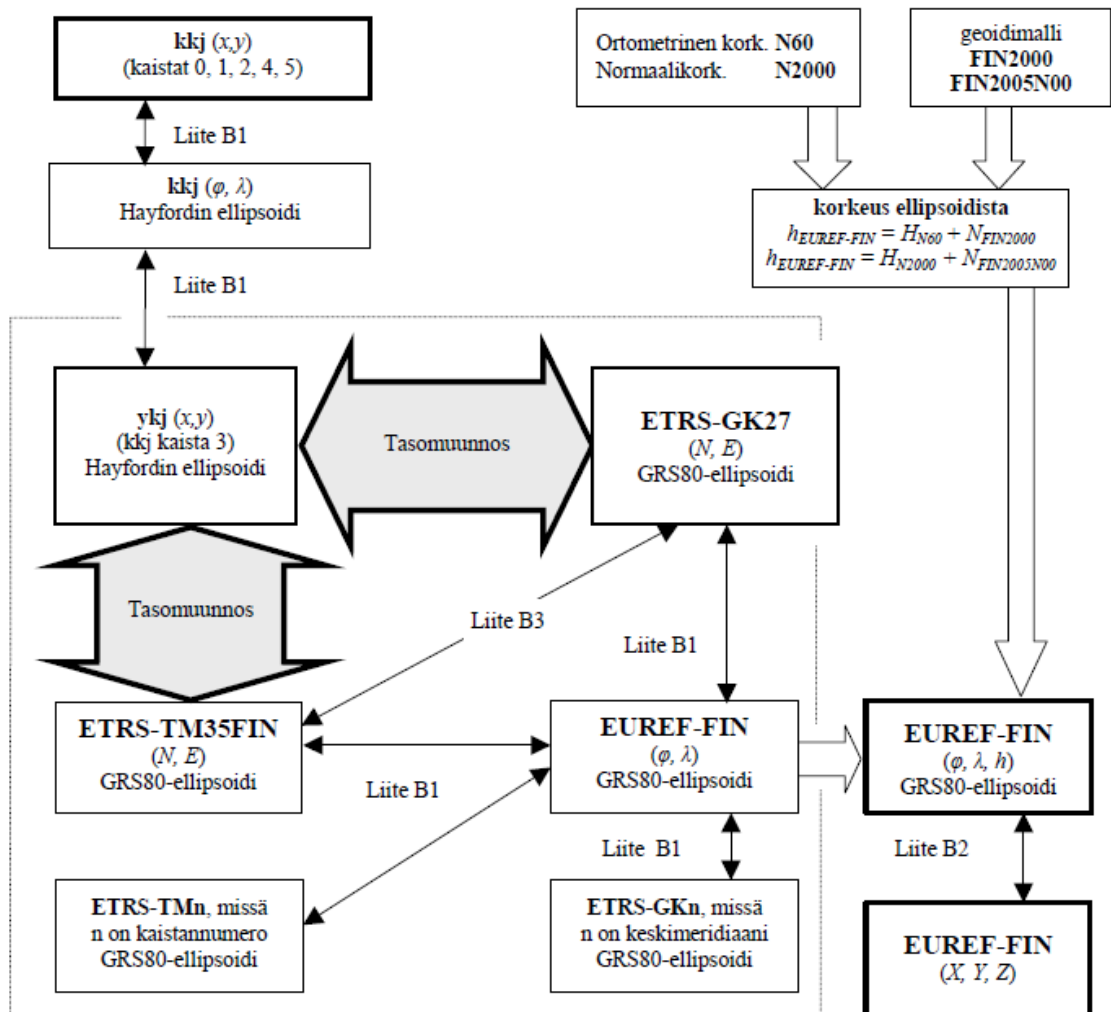
5.1 Yleistä tietoa koordinaattimuunnoksista

Koordinaateiltaan tunnettujen pisteiden muuntaminen eri vertausjärjestelmiin eli datumeihin perustuvien koordinaatistojen kuten KKJ:n ja EUREF-FIN :n välillä tapahtuu yhteisten, molemmissa koordinaatistoissa tunnettujen vastinpisteiden avulla lasketuilla muunnosparametreilla. Numeerinen tietokanta-aineisto voidaan muuntaa ylemmän luokan runkopisteitä lukuun ottamatta tarkasti ja luotettavasti määritetyillä muunnosparametreilla. Tämä on välttämätöntä uuden tasokoordinaattijärjestelmän käyttöönotossa. Koordinaattimuunnos voi olla luonteeltaan 1-, 2- tai 3 -ulotteinen. 1D -muunnos on korkeusmuunnos, 2D on tasomuunnos ja 3D on avaruusmuunnos.

Huomioitavaa on, että muunnos aiheuttaa muunnettuihin pisteisiin aina muunnosvirhettä. On muistettava, että muunnosparametrien tarkoituksena on muuntaa aina virhettä sisältävät KKJ-koordinaatit mahdollisimman laadukkaiksi EUREF-FIN-koordinaateiksi. Lisäksi on syytä muistaa, että muunnos ei ole ainoa virhelähde, vaan aina kun mitataan, syntyy eri lähteistä virhettä. Myös eri ohjelmistot antavat hieman erilaisia tuloksia. Kokonaisvirhe lopulliseen tulokseen on kaikkien virhelajien summa. Koordinaattimuunnos tietokanta-aineistoille tehdään tavallisesti vain kerran, joten riit-

tävän laadukkaiden muunnosparametrien tuottamiseen on syytä panostaa. Laadunvalvonnan ja luotettavuuden kannalta muunnospisteissä ja niiden mittauksissa tulee olla riittävää redundanssia eli ylimääritystä. Muunnospisteitä tulee olla tasaisesti muunnettavalla kohdealueella ja niiden tulee rajata alue sisälleen.

JHS 154 ohjeistaa noudattamaan muunnettaville pisteille yhteisen keskimeridiaanin periaatetta, jotta voidaan välttyä projektiokaavojen aiheuttamilta tulosten vääristymisiltä sekä erityyppisiltä laskenta- ja tulkintaepämääräisyyksiltä kun muunnosten tuloksia analysoidaan. Yhteisen keskimeridiaanin periaatteen mukaan muunnettavilla vastinpisteillä tulee olla sama keskimeridiaani ja karttaprojektio-tyyppi. Mikäli lähtö- ja tuloskoordinaattijoukoilla on eri keskimeridiaani, käytetään kaistansiirtoa (kuva 14). Kaistansiirrolla toisen projektiokaistan pisteet konvertoidaan toisen koordinaattijoukon keskimeridiaanin projektiokaistalle, jotta yhteisen keskimeridiaanin periaate täyttyy. Kaistansiirto on virhettä aiheuttamaton koordinaattikonversio, jossa koordinaatit voidaan muuntaa koordinaatistosta toiseen, kun datumi (esim. KKJ ja EU-REF-FIN) säilyy samana. Tällainen tapa on yleisesti käytetty osa muunnosketjun menetelmässä, koska uuden ja vanhan tasokoordinaattijärjestelmän kaistatiheys ja leveys poikkeavat toisistaan.

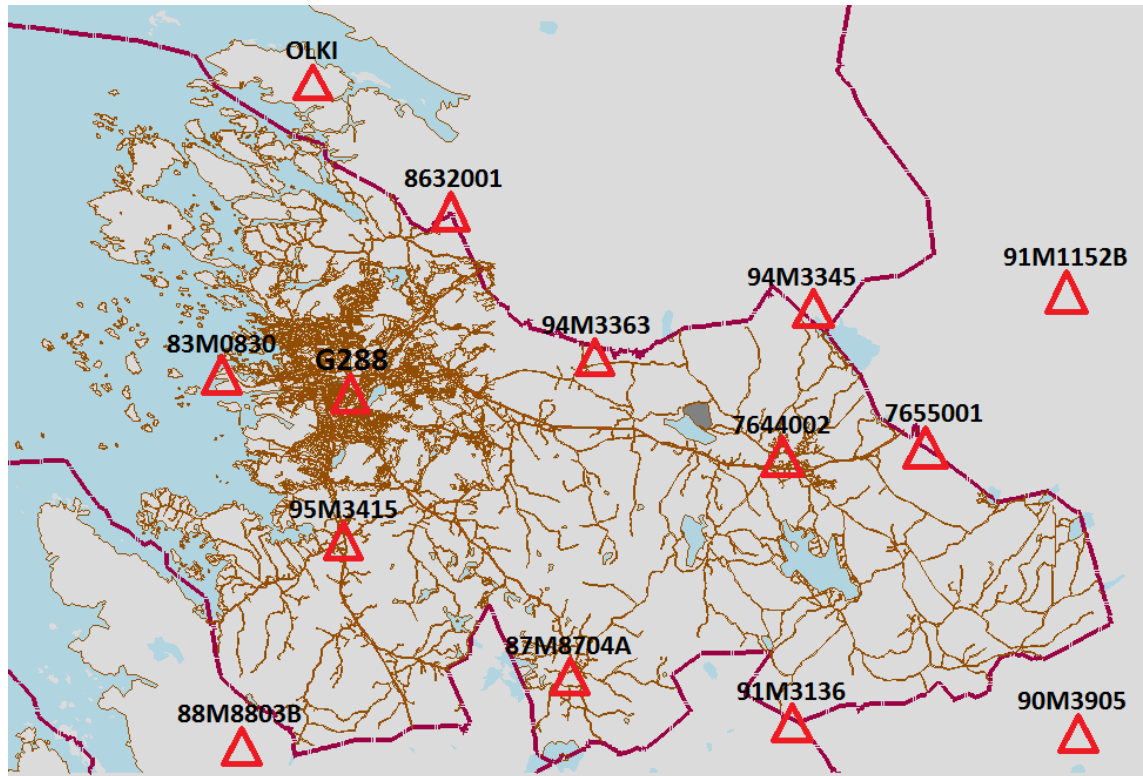


Kuva 14. KKJ -koordinaattien tasomuunnosvaihtoehdot EUREF-FIN koordinaateiksi. Koordinaatikonversiot ohuilla nuolilla. (Geodeettisen laitoksen tiedote 30).

5.2 Muunnospisteiden valinta

Muunnospisteiden valintaan kiinnitettiin erityistä huomiota. Pisteiden KKJ-koordinaatit ovat laadukkaasti määritettyjä. Sama pätee GPS-mittauskampanjassa mitattuihin tuloskoordinaatiston koordinaattien tarkkuuteen. Toinen tärkeä asia on, että muunnoksessa käytettävät pisteet ovat ainakin keskustan osalta aikaisemmissa mittauksissa mukana olleita merkittäviä pisteitä, joiden suhteen paikkatietoa on tuotettu. Tällaisia pisteitä ovat KKJ:ää edeltäneen Rauma 86 -koordinaattijärjestelmän kolmiomittausten pääpisteet sekä Lapin ja Kodisjoen keskus pisteet. Homogeenisen lopputuloksen varmistamiseksi muunnospisteistön tulee kattaa koko kunnan alue sisälleen (kuva 15). Pisteitä tulee olla tasaisesti myös kunnan sisällä. Jotta muunnos voitaisiin ylipäätään tehdä, kunnan sisällä olevia muunnospisteitä tulee olla minimissään 3–4 kappaletta. Käytän-

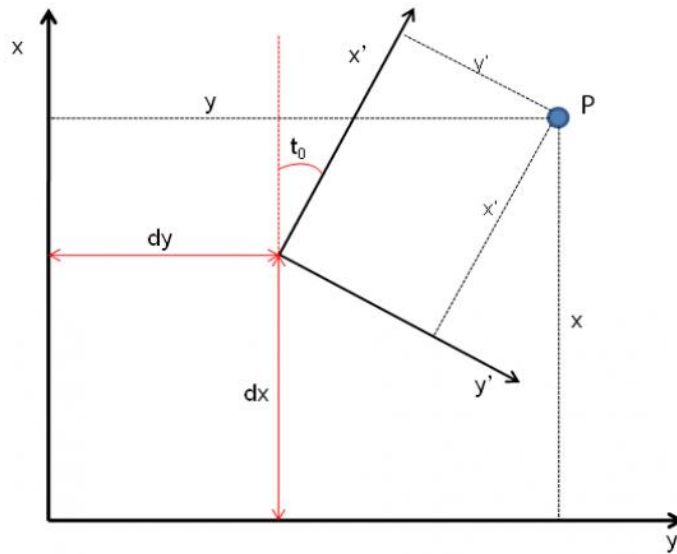
nössä pisteitä valittiin yhteensä 14 kappaletta. Muunnospisteiden sopivalla ylimäärityksellä lisätään laatua ja luetettavuutta.



Kuva 15. Helmert - ja affiinissä muunnoksessa käytetyt KKJ/EUREF vastinpiisteet.

5.3 2D Helmert -muunnos

Suosittelavin vaihtoehto on koko kunnan kattavan muunnosparametrien käyttö. Rauman kaupungin runkoverkko on oletusarvoisesti homogeeninen, joten muunnosparametrien laskennassa käytetään ensisijaisesti Helmert-muunnosta. Ratkaisu johtuu siitä, että Helmert-muunnos on konforminen yhdenmuotoisuusmuunnos, eli toisin sanoen se säilyttää muunnettavan numeerisen kohteen alkuperäisen muodon, toisinkuin affiinen muunnos. Muunnos on mahdollista suorittaa 2D (4-parametrinen) tai 3D (7-parametrinen) -muunnoksena. Tekla vaatii kuitenkin ohjelmistoissaan 4-parametrinen 2D Helmert -muunnoksen käyttöä, joten se on todennäköisesti käytettävä vaihtoehto. Nämä neljä Helmert-muunnosparametria ovat origon siirrot, koordinaatiston kierto ja mittakaavan muutos (kuva 16). Kun parametrit lasketaan, saadaan laadunvalvonnan kannalta tärkeä koordinaatistojen välistä yhteensopivuutta kuvaava keskivirhe ja jännösvirheet muunnospisteittäin tasossa.



Kuva 16. (Helmert-muunnos 2012. Maanmittauslaitos)

Helmert-muunnoksen kaavat (Helmert-muunnos 2012. Maanmittauslaitos):

$$x = dx + x'k\cos(t_0) - y'k\sin(t_0) = a + cx' - dy'$$

$$y = dy + x'k\sin(t_0) + y'k\cos(t_0) = b + dx' + cy'$$

jossa. $a = dx$, $b = dy$, $c = k\cos(t_0)$, $d = k\sin(t_0)$

Tripodi Finland laski kahdenlaiset 4-parametriset Helmert-muunnosparametrit. Toisessa vaihtoehdossa Rauman kaupungin keskuspukesteenä toimiva vesitornin kolmiopiste asetettiin kiinteäksi origoksi (taulukko 3 ja 4).

Taulukko 3. 4-parametrinen Helmert -muunnoksen muunnospisteiden jäännösvirheet ja jäännösvirheiden keskivirheet. Origo pisteessä G288.

HELMERT MUUNNNOS					4 PARAMETRINEN	
Muunnosparametrien laskenta						
ID	lähtöjärjestelmä		tulojärjestelmä		Residuaalit	
	x	y	x'	y'	dx	dy
G288	6779341.513	1528123.897	6779191.449	21527937.688	0.000	0.000
87M8704A	6768867.028	1536588.250	6768717.107	21536402.081	0.015	0.020
88M8803B	6765082.019	1524710.563	6764932.013	21524524.503	-0.010	0.025
90M3905	6765725.147	1558493.705	6765575.357	21558307.410	-0.031	0.014
91M1152B	6787635.161	1557168.018	6787485.207	21556981.546	-0.043	-0.015
91M3136	6766860.231	1545285.220	6766710.397	21545099.000	0.027	0.011
94M3345	6782835.437	1545989.941	6782685.483	21545803.567	0.005	-0.024
94M3363	6780952.807	1537717.668	6780802.832	21537531.389	0.031	0.004
83M0830	6780483.095	1523228.878	6780332.948	21523042.676	-0.041	-0.017
95M3415	6770916.597	1528630.247	6770766.587	21528444.125	-0.004	0.030
8632001	6786889.654	1532307.007	6786739.565	21532120.675	-0.006	-0.042
7644002	6776936.577	1544872.783	6776786.615	21544686.522	-0.033	0.040
7655001	6776739.930	1555182.670	6776590.053	21554996.320	-0.023	0.016
OLKI	6792440.295	1525568.414	6792290.066	21525382.112	-0.062	-0.016
					0.027	0.023
						std

Taulukko 4. Muunnosparametrit (4-parametrinen Helmert).

Muunnosparametrit	
x0	-116.954
y0	19999872.082
a	0.9999935078
b	-0.0000071350
scale factor	0.9999935078
rotation (deg)	-0.0004088055
Origo lähtöjärjestelmässä	
6779341.513	1528123.897
Origo tulosjärjestelmässä	
6779191.449	21527937.688

Toisessa vaihtoehdossa muunnoksen origoksi valittiin vastinpisteiden painopiste (taulukko 5 ja 6).

Taulukko 5. 4-parametrinen Helmert-muunnoksen muunnospisteiden jäännösvirheet ja jäännösvirheiden keskivirheet. Origo vastinpisteiden painopisteessä.

HELMERT MUUNNOS						4 PARAMETRINEN	
Muunnosparametrien laskenta							
ID	lähtöjärjestelmä		tulojärjestelmä		Residuaalit		std
	x	y	x'	y'	dx	dy	
G288	6779341.513	1528123.897	6779191.449	21527937.688	0.020	-0.005	
87M8704A	6768867.028	1536588.250	6768717.107	21536402.081	0.026	0.011	
88M8803B	6765082.019	1524710.563	6764932.013	21524524.503	0.007	0.010	
90M3905	6765725.147	1558493.705	6765575.357	21558307.410	-0.034	0.009	
91M1152B	6787635.161	1557168.018	6787485.207	21556981.546	-0.039	-0.007	
91M3136	6766860.231	1545285.220	6766710.397	21545099.000	0.032	0.004	
94M3345	6782835.437	1545989.941	6782685.483	21545803.567	0.015	-0.022	
94M3363	6780952.807	1537717.668	6780802.832	21537531.389	0.045	0.002	
83M0830	6780483.095	1523228.878	6780332.948	21523042.676	-0.018	-0.023	
95M3415	6770916.597	1528630.247	6770766.587	21528444.125	0.013	0.020	
8632001	6786889.654	1532307.007	6786739.565	21532120.675	0.013	-0.041	
7644002	6776936.577	1544872.783	6776786.615	21544686.522	-0.024	0.038	
7655001	6776739.930	1555182.670	6776590.053	21554996.320	-0.020	0.017	
OLKI	6792440.295	1525568.414	6792290.066	21525382.112	-0.037	-0.014	
					0.028	0.020	std

Taulukko 6. Muunnosparametrit (4-parametrinen Helmert).

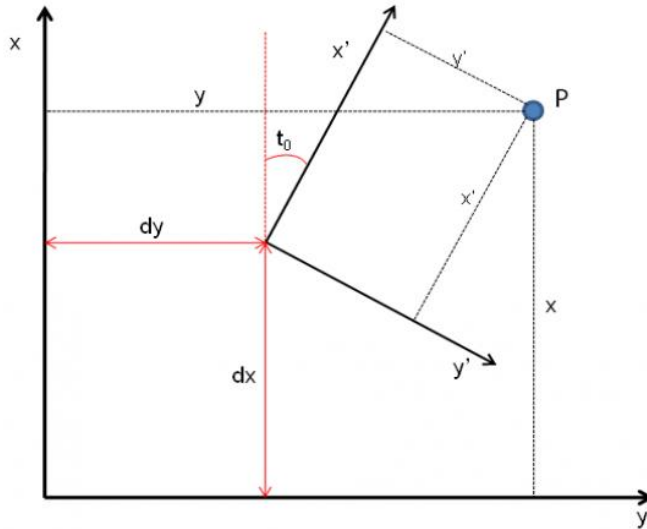
Muunnosparametrit	
x0	-115.938
y0	19999876.578
a	0.9999932203
b	-0.0000077326
scale factor	0.9999932203
rotation (deg)	-0.0004430465
Origo lähtöjärjestelmässä	
6777264.678	1538847.662
Origo tulosjärjestelmässä	
6777114.691	21538661.401

5.4 Affiininen 2D-muunnos

Jos runkoverkossa ilmenee erityisen pahoja deformaatioita, käytetään Helmert-muunnoksen sijaan affiinista muunnosta, joka ottaa huomioon KKJ:n alueellisia vääristymiä Helmert-muunnosta paremmin. Affiinisestä muunnoksesta on edellä mainittu kohteiden muodon muuttuminen (esim. tontin pinta-ala, rajojen pituudet jne.). Tämä johtuu siitä, että mittakaavan muutos on eri koordinaattiakselien suhteen. Myös muunnoksen virheiden kontrollointi on hankalampaa. Toisaalta affiininen muunnos deformoituneen runkoverkon tapauksessa korjaa vääristymiä.

Affiinisessä tasomuunnoksessa on viisi parametriä: koordinaattiakselien siirrot (dy , dx), mittakaavatekijät molemmille koordinaattiakseleille (x' , y') sekä koordinaatiston kierto t_0

(kuva 17). Affiinen muunnos sisältää Helmert-muunnoksesta poiketen mittakaavatekijät molemmille koordinaattiakseleille. Helmert-muunnos käyttää vain yhtä mittakaavatekijää.



Kuva 17. (Affiinen muunnos 2012. Maanmittauslaitos)

Affiinisen muunnoksen kaavat (Affiinen muunnos 2012. Maanmittauslaitos):

$$x = dx + x'kx\cos(t_0) - y'ky\sin(t_0) = a + cx' - dy'$$

$$y = dy + x'kx\sin(t_0) + y'ky\cos(t_0) = b + ex' + fy'$$

missä: $a = dx$, $b = dy$, $c = kx\cos(t_0)$, $d = ky\sin(t_0)$, $e = kx\sin(t_0)$, $f = ky\cos(t_0)$

Tripodi Finland laski Helmert-muunnosparametrien tavoin kahdet vastaavat affiiniset muunnosparametrit. Toisessa vaihtoehdossa Rauman kaupungin keskuspukeena toimiva vesitornin kolmiopiste asetettiin kiinteäksi origoksi (taulukko 7 ja 8).

Taulukko 7. 6-parametrinen affiininen-muunnoksen muunnospisteiden jäännösvirheet ja jäännösvirheiden keskivirheet. Piste G288-kiinteänä origona.

AFFIININEN MUUNNOS						6 PARAMETRIÄ (+ painot)		
Muunnosparametrien laskenta								
ID	lähtöjärjestelmä		tulojärjestelmä		paino	Residuaalit		
	x	y	x'	y'		dx	dy	
G288	6779341.513	1528123.897	6779191.449	21527937.688	1	0.000	0.000	
87M8704A	6768867.028	1536588.250	6768717.107	21536402.081	1	0.015	-0.002	
88M8803B	6765082.019	1524710.563	6764932.013	21524524.503	1	-0.019	-0.005	
90M3905	6765725.147	1558493.705	6765575.357	21558307.410	1	-0.017	-0.014	
91M1152B	6787635.161	1557168.018	6787485.207	21556981.546	1	-0.020	0.002	
91M3136	6766860.231	1545285.220	6766710.397	21545099.000	1	0.032	-0.015	
94M3345	6782835.437	1545989.941	6782685.483	21545803.567	1	0.019	-0.017	
94M3363	6780952.807	1537717.668	6780802.832	21537531.389	1	0.038	0.007	
83M0830	6780483.095	1523228.878	6780332.948	21523042.676	1	-0.043	-0.014	
95M3415	6770916.597	1528630.247	6770766.587	21528444.125	1	-0.008	0.013	
8632001	6786889.654	1532307.007	6786739.565	21532120.675	1	0.001	-0.026	
7644002	6776936.577	1544872.783	6776786.615	21544686.522	1	-0.023	0.035	
7655001	6776739.930	1555182.670	6776590.053	21554996.320	1	-0.006	0.011	
OLKI	6792440.295	1525568.414	6792290.066	21525382.112	1	-0.057	0.011	
					14	0.023	0.016	std.

Taulukko 8. Muunnosparametrit (6-parametrinen affiininen muunnos).

Muunnosparametrit	
a	0.9999930374
b	0.0000064675
c	-0.0000092237
d	0.9999935006
x0	-112.745
y0	19999886.254

Origo lähtöjärjestelmässä	
6779341.513	1528123.897

Origo tulostajärjestelmässä	
6779191.449	21527937.688

Toisessa vaihtoehdossa muunnoksen origoksi valittiin vastin pisteiden painopiste (taulukko 9 ja 10).

Taulukko 9. 6-parametrisen affiinisen -muunnoksen muunnospisteiden jäännösvirheet ja jäännösvirheiden keskivirheet. Origo vastinpisteiden painopisteessä.

AFFIININEN MUUNNOS								6 PARAMETRIÄ (+ painot)	
Muunnosparametrien laskenta									
ID	lähtöjärjestelmä		tulojärjestelmä		paino	Residuaalit		std.	
	x	y	x'	y'		dx	dy		
G288	6779341.513	1528123.897	6779191.449	21527937.688	1	0.009	0.003		
87M8704A	6768867.028	1536588.250	6768717.107	21536402.081	1	0.020	-0.001		
88M8803B	6765082.019	1524710.563	6764932.013	21524524.503	1	-0.012	-0.003		
90M3905	6765725.147	1558493.705	6765575.357	21558307.410	1	-0.018	-0.017		
91M1152B	6787635.161	1557168.018	6787485.207	21556981.546	1	-0.016	0.001		
91M3136	6766860.231	1545285.220	6766710.397	21545099.000	1	0.035	-0.016		
94M3345	6782835.437	1545989.941	6782685.483	21545803.567	1	0.025	-0.016		
94M3363	6780952.807	1537717.668	6780802.832	21537531.389	1	0.046	0.009		
83M0830	6780483.095	1523228.878	6780332.948	21523042.676	1	-0.033	-0.011		
95M3415	6770916.597	1528630.247	6770766.587	21528444.125	1	-0.001	0.015		
8632001	6786889.654	1532307.007	6786739.565	21532120.675	1	0.011	-0.023		
7644002	6776936.577	1544872.783	6776786.615	21544686.522	1	-0.018	0.035		
7655001	6776739.930	1555182.670	6776590.053	21554996.320	1	-0.004	0.009		
OLKI	6792440.295	1525568.414	6792290.066	21525382.112	1	-0.044	0.016		
					14	0.023	0.016	std.	

Taulukko 10. Muunnosparametrit (6-parametrinen affiininen muunnos).

Muunnosparametrit	
a	0.9999930374
b	0.0000064675
c	-0.0000092237
d	0.9999935006
x0	-112.745
y0	19999886.254

Origo lähtöjärjestelmässä	
6779341.513	1528123.897

Origo tulosjärjestelmässä	
6779191.449	21527937.688

5.5 Affiininen 2D-muunnos kolmioittain

Kolmas vaihtoehto on affiininen kolmioittainen menetelmä, jolla lasketaan aluekohtaiset muunnosparametrit. Kolmiot muunnosparametreineen ovat ladattavissa geodeettisen laitoksen muunnospalvelusta (<http://coordtrans.fgi.fi>). Kolmioittainen affiininen muunnos on kuitenkin käytännössä hankala ja monimutkainen toteuttaa ohjelmistoon. Tarkemmissa tarkasteluissa todettiin, että Rauman alueelle muunnoskolmioita osuu liian monta, joka osaltaan lisää riskiä eri alueiden välillä toimittaessa. Lisäksi erityisesti rannikon seutu on epähomogeeninen, koska sen kolmiot on sidottu merellä sijaitseviin

laskennallisiin virtuaalipisteisiin. Rauman tapauksessa on näin ollen tarkoituksenmukaisempaa käyttää yhtä koko kunnan kattavaa muunnosta.

5.6 Muunnosvaihtoehdon valinta

Rauman kaupungin päätettäväksi jää, mitä muunnosmenetelmää paikkatietoaineistojen konvertoinnissa käytetään. Yleisesti suositaan Helmert-muunnosta, mikäli runkoverkko ei ole deformoitunut. Kaikkien Tripodi Finlandin laskemien muunnosmenetelmien osalta jäännösvirheet ovat riittävän pienet tietokannan muunnoskonversion kannalta. Suurimmaksi tekijäksi muunnosmenetelmää valitessa muodostuneen valitun muunnosmenetelmän toteutuskelpoisuus ja yhteensopivuus tietokantakonversion tekeväälle Tekla Oy:lle.

5.7 Tasomuunnoksen testaus

Muunnosparametrien määrittämisen jälkeen on aina suoritettava huolellinen testaus muunnoksen toimivuuden ja tarkkuuden riittävyyden varmistamiseksi. Kohdealueelta voidaan valita esimerkiksi testialoja, joiden avulla vertaillaan miten pinta-alat tai rajasiivun pituudet muuttuvat muunnoksen jälkeen verrattuna alkuperäiseen tilanteeseen. Takymetrillä suoritettava sulkeutuvien alueiden pinta-alojen vertailu vanhan ja uuden järjestelmän mukaisten koordinaattien välillä on suositeltavaa. Testaus olisi aina hyvä suorittaa sekä käytännön mittauksena, että tietokannassa suoritettavilla tarkistuslaskennoilla. Mahdollista on luoda testitietokanta nimenomaan muunnoksen toimivuuden testauskäyttöön.

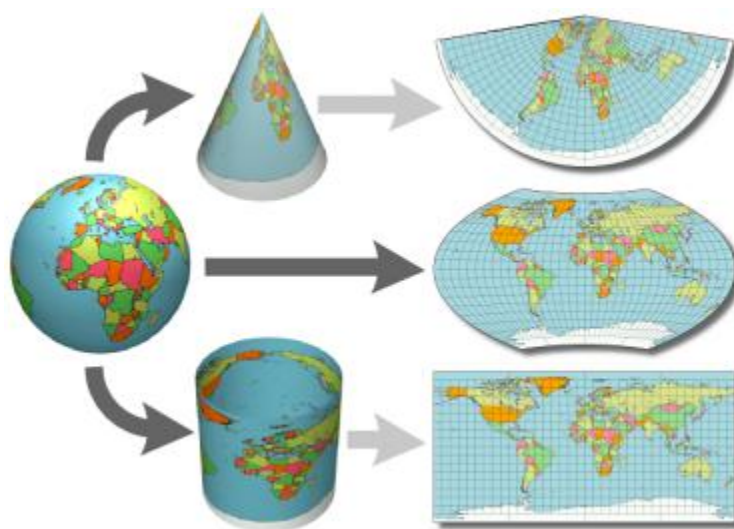
Testauksen laadunvalvontakeinot, jotka ovat riippumattomia muunnosparametrien määrittämisestä, ovat hyviä testauksessakin. Tällaisia keinoja ovat esim. mittaus Geotri-min Oy:n VRSnet.fi -tukiasemaverkossa ja Leican tulevassa SmartNet-tukiasemaverkossa, jotka ovat riippumattomia staattisen GNSS-mittauksen pohjalta tuotetuista uusista pisteistä ja niistä lasketuista muunnosparametreistä. Tukiasemaverkkoihin perustuvissa riippumattomissa mittauksissa voidaan tarkastella ETRS-GK22-muunnoksella konvertoidun paikkatietoaineiston yhtymistä mittausten tuloksiin.

6 Käytettävät uudet karttaprojektiot ja tasokoordinaatistot

6.1 Yleistä tietoa karttaprojektioista ja tasokoordinaatistoista

Karttaprojektio on matemaattinen menetelmä, jossa kolmiulotteinen maailma pyritään kuvaamaan tasolle (esimerkiksi kartalle) mahdollisimman todenmukaisena. Kuvattavat kohteet pyritään säilyttämään tarkkuusvaatimuksista riippuen mahdollisimman oikean kokoisina ja muotoisina. Täydellistä karttaprojektiota ei kuitenkaan ole, vaan aina syntyy virheitä ja vääristymää, kun kolmiulotteista maailmaa sovitetaan kaksiulotteiselle kartalle. Virhettä voi esiintyä projisointikohteen etäisyydessä, muodossa, suunnassa tai pinta-alassa. Projektiovirhe on käsite, joka saatetaan usein käsittää väärin. Kyseessä ei ole varsinainen virhe, vaan mittakaavaan vaikuttava ero, joka pystytään laskemaan tarkasti. Tämä ero tulee huomioida erityisesti tarkoissa sovelluksissa. (Suomalaiset koordinaatistot 2012)

Kohteet voidaan projisoida esim. kartio, lieriö tai sylinteripinnalle, jotka leikataan projisoinnin jälkeen tasoksi (kuva 19). Tarkoituksenmukaisuuden ja tarkkuusvaatimusten mukaan pyritään näin ollen käyttämään mahdollisimman hyvin käyttötarkoitukseen sopivaa karttaprojektiota.



Kuva 19. Erilaisia karttaprojektiota (Furuti 2011).

Suomessa tasokoordinaatistot muodostetaan maastokartoilla ja yleisissä kartastotöissä käytettyjen poikittaisasentoisten lieriöprojektioiden yhteyteen. Nollapiste on päivän-

tasaajan ja keskimeridiaanin leikkauspisteessä. Negatiivisia koordinaattiarvoja vältetään siirtämällä origoa länteen (vale-itä). Siirrot vaihtelevat eri koordinaatistoissa. Keskimeridiaani on koordinaatiston pohjoisakseli ja päiväntasaaja koordinaatiston itäkseli. Mittakaava on riippuvainen käytettävästä projektiosta. Mittakaava muuttuu matkan kasvaessa keskimeridiaaniin. (Tasokoordinaatisto 2011.)

Taulukossa 11 esitellään Suomessa käytettävien tasokoordinaatistojen ominaisuuksia. Taulukossa on eritelty EUREF-FIN :n kanssa käytettävät tasokoordinaatistot ETRS-TM35FIN ja ETRS-GKn sekä KKJ:n ja YKJ:n ominaisuudet.

Taulukko 11. Tasokoordinaatistojen ominaisuuksia Suomessa (GL:n Tiedote 30).

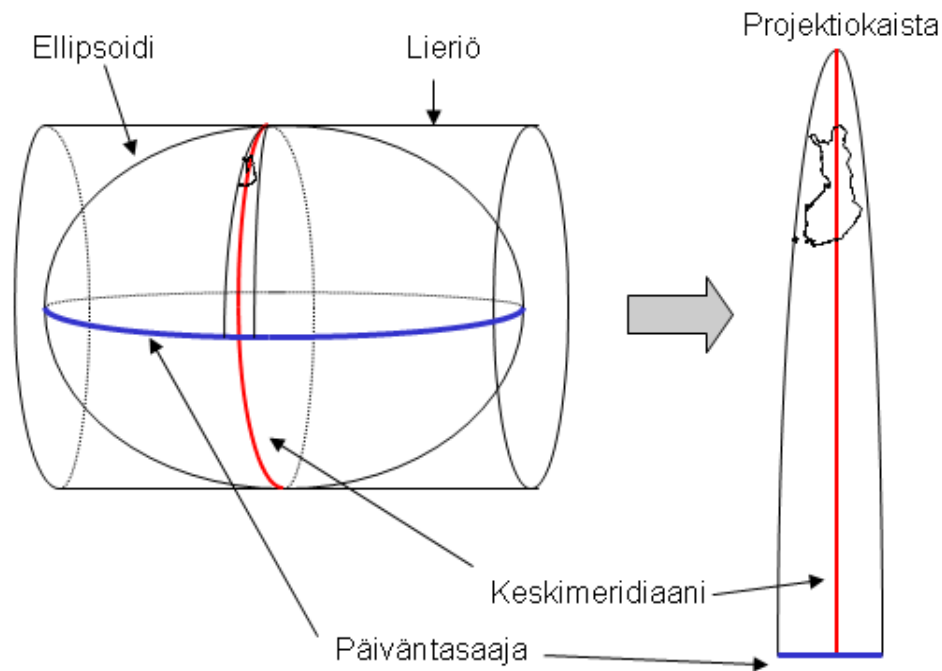
	ETRS-TM35FIN	ETRS-GKn	ykj	kkj
Karttaprojektio	UTM	Gauss-Krüger	Gauss-Krüger	Gauss-Krüger
Datumi	ETRS89	ETRS89	kkj	kkj
Vertausellipsoidi	GRS80	GRS80	Hayford	Hayford
Keskimeridiaani(t)	27°	19°, 20°... 31°	27°	18°, 21°, 24°, 27°, 30°, 33°
Meridiaanikaistoja	1	13	1	6
Kaistanleveys (suhteessa keskimeridiaaniin)	n. 13° (-8°... +5°)	Tarkoituksen mukainen	n. 13° (-8°...+5°)	3° (±1.5°)
Itäkoordinaatin arvo keskimeridiaanilla	500 000m	n 500 000m, missä <i>n</i> on keskimeridiaanin asteluku	3 500 000m	n 500 000m, missä <i>n</i> on kaistannumero (0...5)
Mittakaava keskimeridiaanilla	0.9996	1.0	1.0	1.0

6.2 ETRS-GKn

Suomessa päädyttiin vuonna 1922 käyttämään kartastotöissä Gauss-Krügerin poikittaisasentoista maanpintaa sivuavaa lieriöprojektiota (kuva 20). Siitä lähtien tämä projektiotyyppi on ollut valtakunnallisten tasokoordinaatistojen perustana. Projektiossa lieriö sivuaa maanpintaa kartoitusalueelle sopivaa keskimeridiaania eli pituuspiiriä pitkin. Vanha valtion järjestelmä (VVJ), kartastokoordinaattijärjestelmä (KKJ) ja ETRS-GKn-tasokoordinaatistot pohjautuvat Gauss-Krügerin projektiioon.

JHS 154 suosittelee paikallisesti käytettäväksi ETRS-GKn-projektiota. Kirjain *n* kuvaa käytetyn keskimeridiaanin astelukua, esim. ETRS-GK22. Gauss-Krüger soveltuu leveäkaistaista koko Suomen kattavaa TM35-FIN-projektiota paremmin paikallisiin kar-

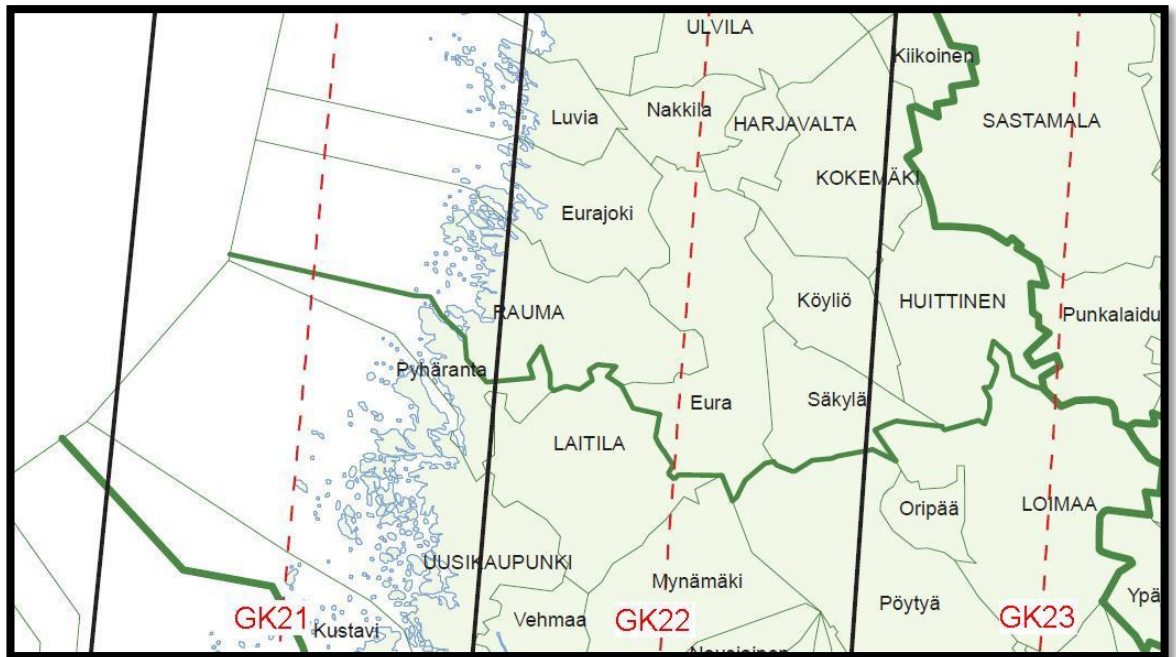
tastotöihin, koska tällä projektityypillä saavutetaan pienemmän 1° kaistakoon ansiosta parempi projisointitarkkuus suurta tarkkuutta vaativissa kartastotöissä. Tällaisia suurta tarkkuutta vaativia töitä ovat mm. kaavan pohjakartta ja rakentaminen. JHS 154 suosittelee käytettäväksi parhaiten kohdealueelle soveltuvaa keskimeridiaanin tasa-astetta tässä projektiossa.



Kuva 20. Poikittaisasentoisen lieriöprojektion periaate (Maanmittauslaitos).

Rauman tapauksessa päädyttiin Gauss-Krügerin kaistaan, jonka keskimeridiaanina on tasa-aste 22° . Näin ollen uusi tasokoordinaatisto on nimeltään Rauman seudulla ETRS-GK22. Kyseinen kaista on suotuisin, koska se kattaa suurimman osan Rauman kunnan pinta-alasta ja projektiokorjaus on pienin. Mahdollista olisi ollut teoriassa käyttää kaistaa $21,5^\circ$, joka olisi osunut suoraan keskustan kohdalle eli pientä projektiovirhettä ei olisi esiintynyt lähes lainkaan. JHS 154:n ohjaa käyttämään tasa-asteita, joten tästä vaihtoehdosta luovuttiin. Projektiiovirheen vaikutus katsottiin myös pieneksi.

Jos käytettäisiin keskimeridiaanina tasa-astetta 21° , projektiokorjaus kasvaisi Rauman itäreunalla suureksi. Ko. keskimeridiaanin käytölle ei muutoinkaan ole perusteita, koska projektiokaista ulottuu suurimmaksi osin merelle ja sen kaista kattaa vähemmän kuntaa kuin 22° kaista (kuva 21).



Kuva 21. Gauss-Krügerin 1° projektiokaistojen keskimeridiaanit (21-23) Rauman seudulla.

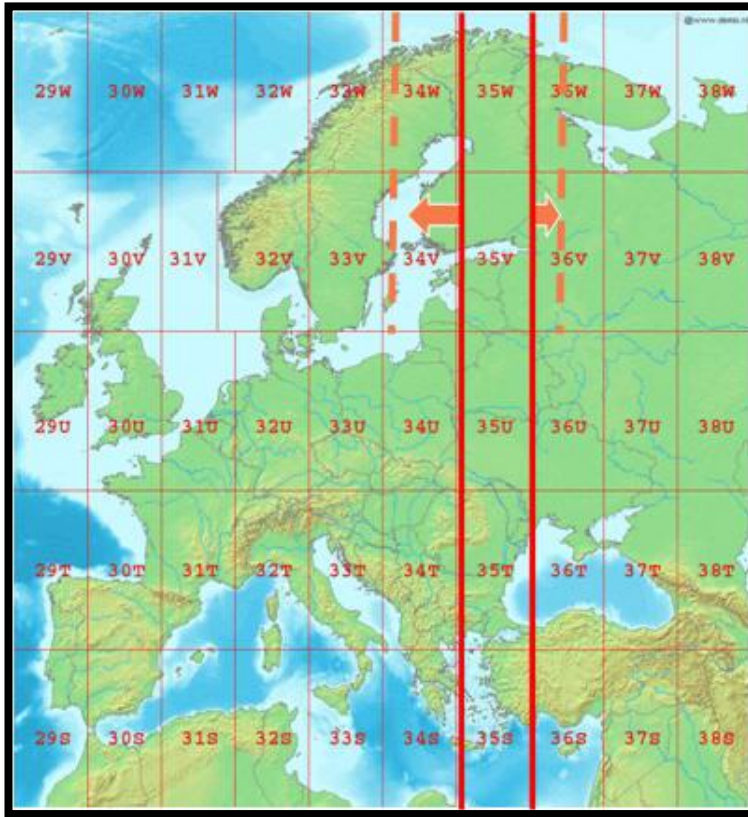
Ylemmän luokan runkoverkon pistekohtaiset koordinaatit GK:n kaistassa 22° on esitetty liitteessä 8.

6.3 ETRS-TM35FIN

ETRS-TM35FIN on karttaprojektio ja sen yhteydessä käytettävä tasokoordinaatisto, jonka esittämiseksi tasolla käytetään lieriöprojektiota, kuten ETRS-Gauss-Krügerissakin. Lieriöprojektiio eroaa kuitenkin siinä, että se on maanpintaa leikkaava Universal Transverse Mercator (UTM) -tyyppinen lieriöprojektiio. UTM-projektiossa koko maapallo on jaettu 6° leveisiin kaistoihin (1-60) ja 8° korkeisiin ruutuihin. Suomi sijoittuu tässä projektiossa länsi-itäsuunnassa kaistoihin 34-36, mutta yleisesti on päätetty käyttää vain levennettyä kaistaa 35 maanlaajuisissa kartastotöissä. Projektion keskimeridiaani on 27° ja kaistan leveys 13° koko Suomen mahdollistamiseksi kaistaan (kuva 22). Keskimeridiaani on siis sama kuin YKJ:ssä, mutta pallopintaa leikkaavan projektio-tyypinsä ansiosta mittakaavakorjaukset eivät kasva yhtä suuriksi. Tämä tarkoittaa käytännössä parempaa kohteiden projisointitarkkuutta.

Euroopan komission suositus pienimittakaavaisten karttojen (> 1:500 000) esitysmuodoksi on UTM-pohjainen ETRS-TM n -koordinaatisto. Kirjain n viittaa kaistan numeroon. Projektio-tyyppi ei sovellu tarkkoihin karttasovelluksiin (esim. kaavoitus ja rakentami-

nen) suuren mittakaavakorjauksensa vuoksi. Mittakaavakorjaus Rauman alueella on yli 600 ppm.



Kuva 22. UTM-projektio (ETRS-TM35FIN).

Suurikaavaisia karttatuotteita varten sekä paikkatietoaineiston siirron valtion järjestelmiin mahdollistamiseksi määritettiin ETRS-GK22-TM35FIN-muunnos. Ylemmän luokan runkoverkon pistekohtaiset koordinaatit ETRS-TM35FINin kaistassa on esitetty liitteessä 9.

7 Korkeusjärjestelmän muunnos

7.1 Lähtötilanne

Rauman kaupunki käyttää N60-korkeusjärjestelmää, joka perustuu toiseen valtakunnalliseen tarkkavaaitukseen. N60:n korkeuden lähtötasoksi on valittu Helsingin mareografin vuosina 1935–1954 tekemien havaintojen perusteella määritetty keskivedenpinta vuoden 1960 alussa.

Nykyään maanpinnan korkeus muuttuu erityisesti Perämeren rannikkoseuduilla, joissa edellisen jääkauden vaikutuksesta maanpinta kohoaa nopeasti. Reaalivaikutus Rauman seudulla on muutamia millimetrejä vuodessa. N60-järjestelmän määrittämisen alkuperästä laskettuna (noin 50 vuoden aikana) maannousu on ollut Raumalla n. 34 cm (kuva 23).



Kuva 23. Vaaituslinjat (mustat pisteet) ja N60 ja N2000 -järjestelmien väliset korkeuserot senttimetreissä (JHS163).

7.2 Korkeusjärjestelmän vaihtoa puoltavat seikat

Korkeudet ja korkeussuhteet muuttuvat jääkauden jälkeisen maankohoamisen vuoksi Suomessa paikoin runsaastikin. Erityisen tärkeää ajantasainen korkeustieto on mm. vesiliikenteessä, vesirakentamisessa, vesiväylissä, satamien vedenkorkeuden kannalta sekä infrapuoella. Rannikkokaupunkina Rauman on tärkeää olla ajan tasalla korkeusjärjestelmän suhteen.

Yhteys eurooppalaisiin korkeusjärjestelmiin aukesi N2000-järjestelmän myötä. Yhtenäisessä eurooppalaisessa korkeusjärjestelmässä toiminen helpottaa tietojen vaihtoa organisaatioiden välillä. EU:n paikkatiedon tuotantoon liittyvä INSPIRE-direktiivi edellyttää ajantasaisen korkeusjärjestelmän käyttöönottoa. (JHS 163: s. 1–16.) Jotta korkeuksia voitaisiin hallita, n. 0.5 metrin korkeuden muutos on jo niin suuri, että se edellyttää tarvetta korkeusjärjestelmän uudistamiseen. Suomessa korkeusjärjestelmä tulee uusia vähintään n. 50 vuoden välein (Saarikoski 2007: 84).

7.3 Toimenpiteitä ja vaihtoehtoja N2000-korkeusjärjestelmään siirtymiseksi

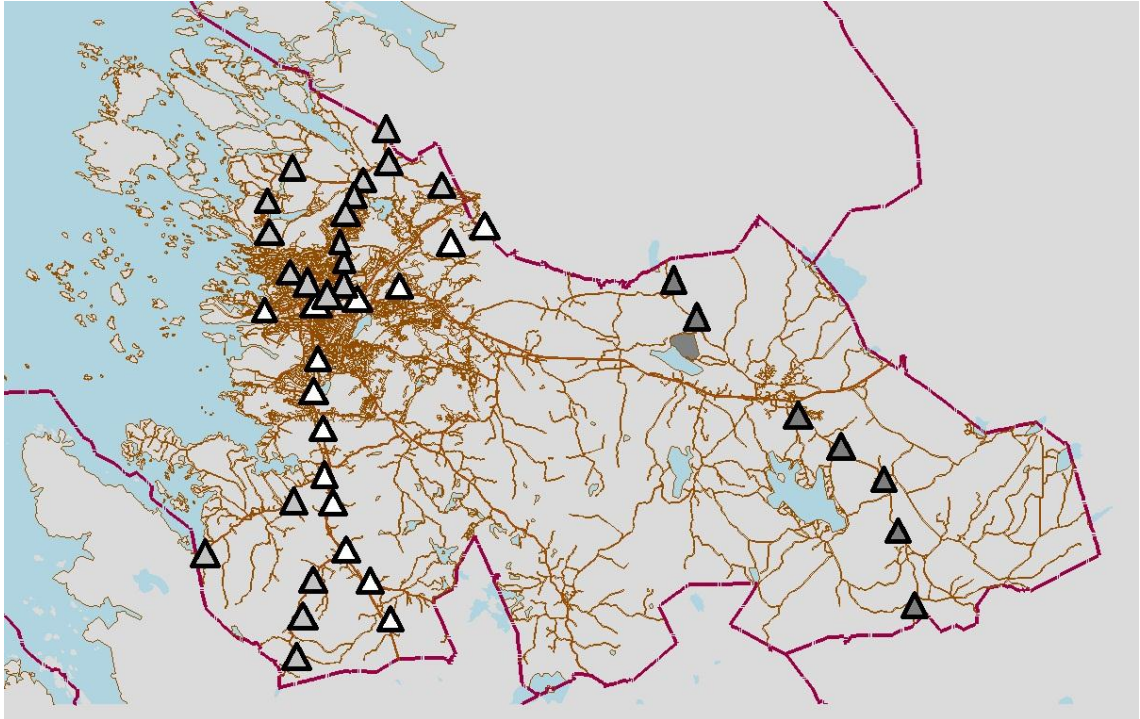
7.3.1 Vaihtoehtoja korkeusjärjestelmän muuntamiseksi

N2000-järjestelmään siirtymiseksi on mahdollista määrittää korkeuden vakiokorjaus paikkatietoaineistoille. Vakiokorjaus on nimensä mukaisesti koko kunnan tai sen osaluueella vakio, esimerkiksi +339 mm. Vakiokorjauksen avulla voidaan N60-järjestelmän mukaisista korkeuksista siirtyä N2000-järjestelmän korkeuksiin. Vakiokorjauksen etuja ovat mm. selkeys ja yksinkertaisuus verrattuna moniin erilaisiin korkeuskorjauksiin kunnan sisällä.

Rauman tapauksessa vakiokorjausta on mahdollista käyttää koko kunnan alueella. Korjaus pyritään määrittämään käyttäen Rauman keskustaa painopisteenä, joka on korkeustarkkuuden suhteen kriittisin ja arvokkain alue kunnassa. Vakiokorjaus määritetään laskemalla keskimääräinen maannousu N60- ja N2000-järjestelmien välillä. Menetelmä koskee vain paikkatietoaineistojen korkeustietoa. Vakiokorjauksella ei tulisi ilman tarkistusvaaituksia muuttaa vaaittujen kiintopisteiden korkeuksia, koska näin toimittaessa mahdolliset runkoverkon deformaatiot ja yksittäiset huonot pisteet jäävät ilman kontrollia. Riittävät lisävaaitukset ovat välttämättömiä laadunvalvonnan ja luotettavuuden kannalta.

Rauman läpi kulkee valtatie 8:n varrella kunnan etelärajalta keskustaan saakka Geodeettisen laitoksen 1. luokan N2000-vaaitusjono. Jono jatkaa edelleen satamasta junarataa pitkin kohti Kokemäkeä. 2. luokan N2000-korkeuspisteitä on Maanmittauslaitoksen mittaamana Lapista Hinnerjoentien varrelta, jatkuen Eurajoentielle. 3. luokan N2000-pisteitä on mitattu Maanmittauslaitoksen toimesta Kulamaantielle, Pyhärannan-

tielle, Luoteisväylälle, Haapasaarentielle ja Sorkan maantielle (kuva 24). Kaiken kaikkiaan N2000-pisteitä on Maanmittauslaitoksen ammattilaisen karttapaikan perusteella 44 kpl (tarkistettu 5.4.2012).



Kuva 24. Havainnekuva N2000 -korkeuspisteistä Rauman alueella. Valkoiset kolmiot ovat 1. lk, vaalean harmaat kolmiot 3. lk ja tumman harmaat kolmiot idempänä 2. lk.

Edellä mainitut MML:n ja GL:n vaatsemat 44 N2000-pistettä muodostavat vakiokorjauksen pohjaksi käyttökelpoisen rungon kunnan keskusta, jossa tarkkuusvaatimuksetkin ovat suurimpia.

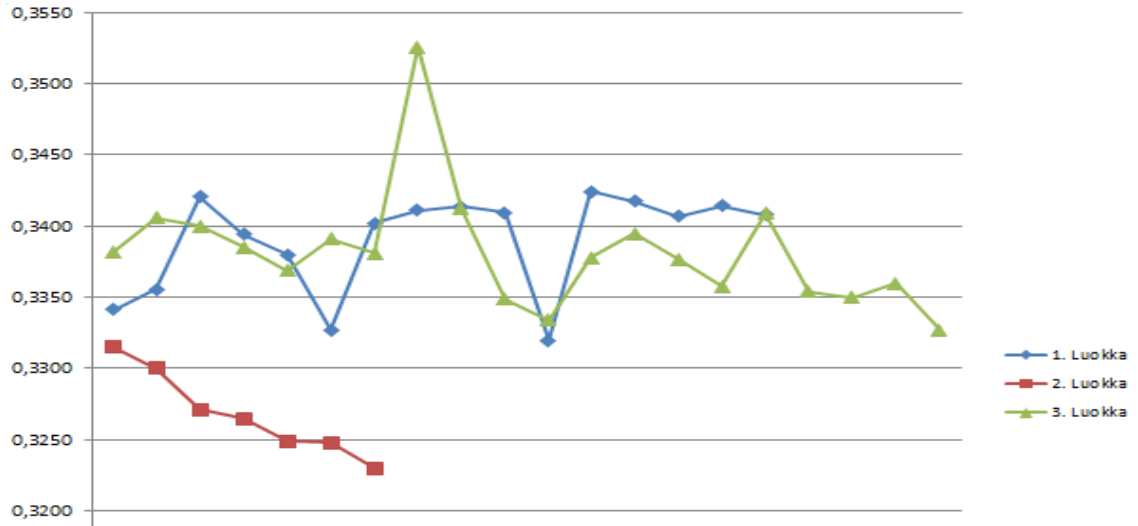
Rannikkoseudulla kulkevat 1. ja 3. luokan jonot ovat korkeuseroiltaan pääasiassa melko yhteneviä. Erot jonojen keskiarvoissa ovat vain 2,5 mm luokkaa. Noin 20 kilometriä itään rannikosta sijaitseva 2. luokan jonon korkeuserojen keskiarvo poikkeaa 1. ja 3. luokan jonojen keskiarvosta selkeästi enemmän, noin 11–14 mm. Tämä vaikuttaa tyyppilliseltä erolta, koska sisämaassa maannousu on pienempää kuin rannikolla. Lapin alueella tarkkuusvaatimukset eivät ole korkeuden suhteen niin kriittisiä kuin kaupungin keskustassa, koska alueelle ei ole mitattu kunnan toimesta minkäänlaisia taso- tai korkeusrunkoverkkoja.

Taulukko 12. Arvioitu maannousun vakiokorjaus - N60- ja N2000-korkeuksien keskiarvot ja keskihajonnat 44:n pisteen (1.-3.lk) perusteella. Punaiset tulokset on poistettu laskennasta.

Kiintopisteen nro	N60 korkeus (m)	N2000 korkeus (m)	Ero korkeudessa N60-N2000 (m)	
1677	14,788	15,12212	0,3341	1. lk:n keskiarvo (GL) 0,3400 m Keskihajonta 0,0025 m
1678	18,030	18,36556	0,3356	
1680	16,699	17,04108	0,3421	
1686	12,604	12,94340	0,3394	
1688	19,374	19,71200	0,3380	
51220	17,719	18,05174	0,3327	
51221	17,766	18,10620	0,3402	
51222	19,608	19,94909	0,3411	
51223	15,042	15,38338	0,3414	
51224	10,945	11,28598	0,3410	
51311	16,009	16,34099	0,3320	
51313	3,677	4,01942	0,3424	
51314	3,180	3,52175	0,3418	
55001	13,694	14,03468	0,3407	
81109	3,820	4,16145	0,3415	
81110	2,911	3,25182	0,3408	
572103	26,186	26,5175	0,3315	
572104	27,464	27,7940	0,3300	
572107	37,843	38,1701	0,3271	
572108	52,998	53,3245	0,3265	
572109	30,893	31,2179	0,3249	
572110	33,378	33,7028	0,3248	
572112	36,423	36,7460	0,3230	
30744	1,589	1,9272	0,3382	3. lk:n keskiarvo (MML) 0,3375 m Keskihajonta 0,0025 m
33161	4,519	4,8596	0,3406	
33162	7,456	7,7960	0,3400	
33163	10,321	10,6595	0,3385	
33164	7,232	7,5689	0,3369	
511	15,680	16,0191	0,3391	
513	21,796	22,1341	0,3381	
649227	5,985	6,3376	0,3526	
649229	14,349	14,6902	0,3412	
740	2,422	2,7569	0,3349	
747	23,125	23,4584	0,3334	
763	23,188	23,5258	0,3378	
84410K	3,511	3,8505	0,3395	
84410L	23,612	23,9497	0,3377	
84410M	5,123	5,4588	0,3358	
84410P	8,966	9,3069	0,3409	
895333	23,901	24,2364	0,3354	
895334	19,282	19,6170	0,3350	
895335	11,833	12,1690	0,3360	
943211	12,591	12,9237	0,3327	
Keskiarvo (kaikki):			0,3365 m	
Keskiarvo (1+3lk):			0,3385 m	

Piikkiarvoihin korkeuksissa (suuri keskihajonta) pitää kiinnittää huomiota (taulukko 12 ja kuvio 1). Tällöin kyseessä voi olla mm. virheellinen lukema tai pisteen liikkuminen esim. epästabiliin pohjan vuoksi. Huonot havainnot tulee huomioida ja poistaa keskiar-

von laskennasta. Tässä tapauksessa huonojen pisteiden pieni määrä (3 kpl) ei vaikuta sanottavasti lopulliseen vakiokorjaukseen, mutta huonot arvot pitää silti poistaa keskiarvon laskennasta. Pisteiden pohjan mahdollinen liikkuvuus on syytä tarkastaa.



Kuvio 1. Kolmen vaatusjonon N60- ja N2000- korkeusjärjestelmien väliset korkeuserot Rauman alueella.

7.3.2 Vaattujen pisteiden korkeuksien muuntaminen

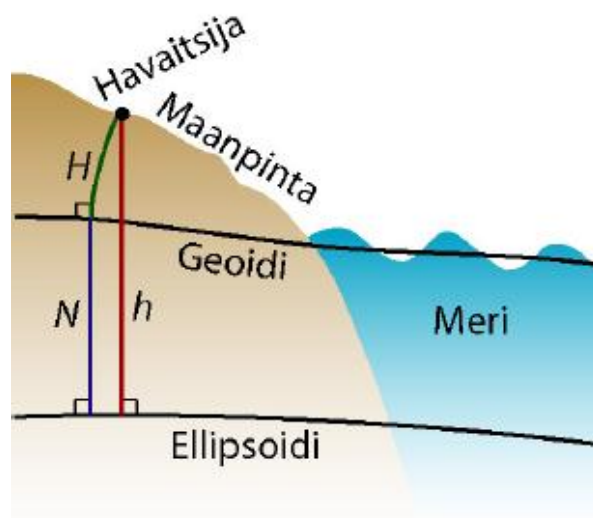
Kunnan korkeuskiintopisteet voidaan muuntaa N2000-järjestelmän mukaisiksi korkeuksiksi kiinnittämällä mahdollisin lisävaaituksin vanhat N60-vaatusjonot Geodeettisen laitoksen ja maanmittauslaitoksen vaaitsemiin valtakunnallisiin N2000- korkeuspisteisiin. Tämän jälkeen vaatusjonot on tasoitettava uudelleen. Rauman kaupungin korkeusrunkoverkon vaatusjonot on sidottu valtakunnallisen korkeuspisteisiin. Kaikki vuosien saatossa tehdyt vaaitukset on dokumentoitu ja arkistoitu, joten periaatteessa kaikki tehty työ on hyödynnettävissä. Eri asia on käytännössä, kuinka suuren työn arkistotutkimukset aiheuttavat. Myös osa pisteistä on todennäköisesti liikkunut tai tuhoutunut. Tässä tapauksessa voi olla osittain kustannustehokkaampaa ja luotettavampaa ryhtyä suorittamaan uusintavaaituksia. Lisävaaituksia on kuitenkin aina syytä suorittaa, jotta voidaan varmistua mahdollisista alueellisista vääristymistä, yksittäisistä virheellisistä pisteistä ja kokonaisuudessaan runkoverkon tilasta. Lisävaaituksilla voidaan varmentaa vakiokorjauksen paikkansapitävyys. Suurin osa muunnettavasta paikkatietoaineistosta sijoittuu arvokkaalle asemakaava-alueelle, joten korkeuden muunnosten tarkkuuteen on kiinnitettävä erityishuomiota.

Mahdollista on resurssien säästämiseksi käyttää valtakunnallisia korkeuskiintopisteitä, joiden korkeuksien avulla voidaan johtaa riittävällä tarkkuudella muunnoskaava. Tällaisia pisteitä ovat edellä mainitut Geodeettisen laitoksen 1. luokan tarkkavaaituspisteet ja Maanmittauslaitoksen 2. ja 3. luokan pisteet. Pisteillä tulee olla laskettu korkeudet sekä N60- että N2000-järjestelmissä. Pienellä alueella korkeuserot muuttuvat vain vähän, joten kaava ei kasva monimutkaisen pitkäksi. Korjauspinnan avulla voidaan laskea korkeusjärjestelmien välinen korkeusero. Korjauspinnalla voidaan muuntaa minkä tahansa kohdealueen pisteen korkeus.

Muita vaihtoehtoja ovat mm. N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien välisten muunnoskolmioiden käyttö. Muunnoskolmiot ja niiden parametrit on mahdollista ladata Geodeettisen laitoksen muunnospalvelusta (<http://coordtrans.fgi.fi>).

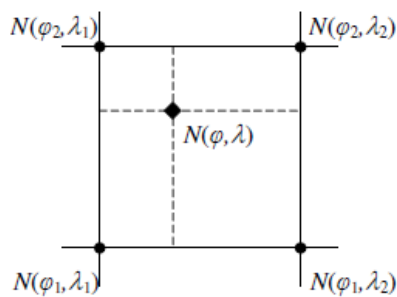
7.3.3 Ellipsoidisten korkeuksien muuntaminen

Uusimmalla valtakunnallisella geoidimallilla (FIN2005N00) voidaan GPS:llä mitatut ellipsoidiset korkeudet muuntaa N2000-korkeusjärjestelmän mukaisiksi ortometrisiksi vaaituskorkeuksiksi. Geoidikorkeudella tarkoitetaan geoidin korkeutta ellipsoidista. Geoidikorkeuden (N), ellipsoidisen korkeuden (h) ja vaaitun korkeuden (H) välistä yhteyttä kuvaa kaava $h = H + N$ (kuva 25).



Kuva 25. Havainnekuva erilaisista korkeuksista. Ellipsoidinen korkeus h, vaaittu korkeus H ja geoidikorkeus N. (GL:n tiedote 29: s. 2)

FIN2005N00 geoidimallin tarkkuusluokka on 2 cm ja suurimmat muunnosvirheet voivat olla 6 cm. Geoidimallin voi tilata Geodeettiselta laitokselta tai ladata Geodeettisen laitoksen muunnospalvelun kautta EUREF-FIN-koordinaatistossa olevassa hilamuodossa kolmessa eri formaatissa. Hilarakenteessa olevien muunnospinnan pisteiden avulla voidaan johtaa korkeus määritettävälle pisteelle. Korkeuden laskenta hilasta perustuu bi-lineaariseen interpolointimenetelmään, joka on tähän tarkoitukseen riittävän tarkka. Menetelmässä geoidikorkeus interpoloidaan muunnettavan pisteen rajaavien neljän hilapisteen avulla. Halutun pisteen geoidikorkeus interpoloidaan näistä neljästä hilapistestä.



Kuva 26. Bi-lineaarinen interpolointi määritettävän pisteen $N(\varphi, \lambda)$ ympäröivistä hilapististä. (GL:n tiedote 29: s. 39)

Paikalliselle suppealle kohdealueelle (halkaisija n. 20–30 km) voidaan määrittää valtakunnallista geoidimallia tarkempi paikallinen geoidimalli. Muunnospintaa varten määritettäviä pisteitä tulee olla vähintään 5–6 kpl. Mallia ei tule käyttää kuin kohdealueella, koska sen tarkkuus heikkenee merkittävästi muunnosalueen määrittävien pisteiden ulkopuolella. Staattisella GNSS-mittauksella määritetyllä paikallisella geoidimallilla voidaan päästä jopa alle 10 mm korkeustarkkuusluokkaan.

Paikallisen geoidimallin tarkkuutta voidaan arvioida testipisteiden avulla, joille interpoloidaan geoidin korkeudet. Geoidikorkeuksien avulla lasketaan GPS-vaaituskorkeudet vähentämällä geoidikorkeudet ellipsoidikorkeuksista. Vaaittujen N2000- ja GPS-korkeuksien erot kertovat muunnospinnan tarkkuudesta (GL:n tiedote 29: 39).

7.3.4 Korkeuskäyrästäön uudelleenpiirto

Korkeuskäyrästäön on mahdollista piirtää uudelleen MML:n laserkeilaus aineistolla tuotettavan N2000-maastomallin pohjalta. Tämä tapa on kustannustehokas, jos se voidaan toteuttaa yhteistyössä MML:n kanssa. Laserkeilauksella saadaan tuotettua nopeasti monipuolista ja tarkkaa korkeustietoa peitteisiltäkin alueilta. Tarkka maastomalli on etuna mm. kaavoituksessa ja muussa suunnittelutoiminnassa.

7.3.5 Siirtymisvaiheessa huomioitavaa

Kun aikanaan uuteen N2000-korkeusjärjestelmään siirrytään, avainasemassa on riittävän monipuolinen sisäinen ja ulkoinen tiedottaminen. Korkeusjärjestelmän muunnoksen suurimmat vaikutukset kohdistuvat talon- ja maanrakentajiin, joilla on erilaisia toimintatapoja ja mittaustyökokemusta. Ammattihenkilökunnan ja muiden sidosryhmien koulutus uuteen järjestelmään on tärkeää. Tiedottamisen on katettava vähintään aika-kausi, jossa mm. vanhassa N60-järjestelmässä aloitetut ja siinä loppuun saatettavat työt elävät rinnan uudessa N2000-järjestelmässä tuotetun korkeustiedon kanssa. Lähtökohtaisesti siirtymisvaihetta ennen aloitetut projektit suositellaan tehtävän loppuun N60-järjestelmässä ja siirtymisen jälkeen aloitettavat työt luonnollisesti uusimmassa N2000-järjestelmässä, sekaannusten välttämiseksi. Erityisesti tulee painottaa, että kaikkiin papereihin, rakennuspiirustuksiin ja pistekortteihin, joissa korkeustietoa esiintyy, selvitetään yksiselitteisesti missä korkeusjärjestelmässä korkeustieto on tuotettu. Vastuukysymykset on selvitettävä mahdollisten vahinkojen varalta.

8 Toimenpiteitä uusiin järjestelmiin siirtymiseksi

8.1.1 Tiedottaminen

Uusiin järjestelmin siirtyminen vaikuttaa maastossa tehtäviin mittauksiin, karttoihin, maankäyttö- ja yhdyskuntasuunnitteluun, kunnan Internet-karttapalveluun sekä moniin muihin paikkatietoaineistoihin. Viranomaistoiminnan ohella muutokset koskettavat yksityisiä yhtiöitä ja henkilöitä erilaisissa rakennusvalvonnan asiakkaita rakennussuunnittelussa ja -urakoinnissa. Myös vanhat koordinaattijärjestelmät elävät pitkään uusien järjestelmien rinnalla. Esimerkkinä tästä Raumalla tapahtuu vieläkin sekaannuksia N60-

järjestelmää edeltäneen NN-järjestelmän vuoksi. Tästä syystä riittävä tiedotus on yksi tärkeimmistä asioista uusiin järjestelmiin siirtymisessä.

Organisaation sisäinen ja ulkoinen tiedottaminen ovat avainasemassa. Tiedotuksessa on syytä käyttää mahdollisimman monia käyttökelpoisia viestinnän keinoja, jotta asia saataisiin esille monipuolisesti kaikille paikkatiedon parissa työskenteleville ammattilaisille sekä tavallisille kuntalaisillekin. Tällaisia jo aiemmin mainittuja menetelmiä ovat mm. ilmoitukset paikallislehdissä, radiossa, kirjeitse, ilmoitustauluilla, yms.

Tiedotus tehdään yhteistyössä Rauman kaupungin viestintäpalvelun kanssa. Järjestelmien vaihdoksesta tehdään selkeät nettisivut, tiedotuslehtiset, ilmoitukset ja muut tarpeelliset esitteet. Tiedottamisessa on syytä käyttää apuna kunnan omaa tiedotusosastoa, jolla on erityinen kokemus, koulutus ja osaamistaito asiaan. Laadukas toteutus on tärkeää, jotta tieto saadaan kaikkien nähtäville sekä ulottuville. Esitystavan on oltava sellainen, että jokainen asiasta tietämätön kykenee asian ymmärtämään.

Järjestelmien muutoksista laaditaan kiinteistö- ja mittauslaitokselle selkeät internet-sivut, joista jokainen voi halutessaan löytää tarkempaa tietoa. Aikanaan tullaan järjestämään kaikille kuntalaisille avoin infotilaisuus sekä kaupungin yksiköittäin järjestettävät tiedotustilaisuudet. Suurille asiakkaille kuten puhelin-yhtiöille, energiayhtiöille ja Rauman satamalle pidetään omat tiedotustilaisuudet. Viesti järjestelmien vaihdoksesta lähetetään myös Varsinais-Suomen ELY-keskukselle, Maanmittauslaitokselle, Merenkulkulaitokselle, Destialle, Poliisille, Pelastuslaitokselle, Merivartiostolle, VR Track Oy:lle sekä muille olennaisille viranomaisille ja asiakkaille.

8.1.2 Paikkatietojärjestelmän muunnoskonversio ja ohjelmistot

Rauman paikkatietojärjestelmänä toimii Xcity-ohjelmisto. Pääjärjestelmään tuoteliitoksilla kiinnitettyjä lisäsovelluksia ovat mm. katusuunnitelmien ja muiden kunnallistekniikoiden suunnitelmien laadinnassa käytetty Xstreet-ohjelmisto ja Rauman vesilaitoksen Rauman Veden käyttämä Xpipe-ohjelmisto. Lisäksi käytössä on Xcity WebMap, jonka kautta paikkatietojen ammattikäyttäjät pääsevät käsiksi kaikkiin tarvitsemiinsa tietokannoissa oleviin sijainti- ja ominaisuustietoihin kaupungin intranetin ulkopuoleltakin.

Kaikille avoin Rauman kaupungin karttapalvelu käyttää paikkatietoaineistoja Xcity:stä kartoissaan.

Paikkatietojärjestelmän muunnoskonversio teetetään loppuvuodesta 2012 konsulttityönä ohjelmistotoimittajalla, Tekla Oyj:llä. Tietokantakatkos tulee olemaan muunnosajon ja testaustyön aikana vähintään kaksi työpäivää. Muunnosajo ajoitetaan esimerkiksi viikonloppuun tai muuten hiljaisempaan ajankohtaan, jolloin katkoksen aiheuttamat haitat voidaan minimoida. Lisäksi on suotavaa tehdä testitietokannalle EUREF-FIN-esikonversio, jolla voidaan tutkia konversion onnistumista.

Rasterimuotoisten taustakartta-aineistojen ja muiden dokumenttien konvertointiin on hyvä varata riittävästi aikaa, koska esim. rasterimuotoiset kartat pitää itse kääntää tulskoordinaatistoon. Aineistojen suuri koko lisää erityisesti työaikaa ja vaatii prosessointitehoa. Myös monenlaisia tekstikohteita pitää käydä läpi käsin. Esim. korkeusarvoja voi olla tallennettu tekstimuotoisiin kohteisiin. Karttalehtijakoa ei Rauman kaupungin paikkatietokannassa käytetä, joten sen määrittelyyn ei kulu aikaa. Koordinaattimuunnokset pitää viedä myös koodistoon, joka vaikuttaa mm. Maanmittauslaitoksen kiinteistötietojärjestelmän (KTJ) tiedonsiirtoon. Virallisten karttatulosteiden mallit ja legendat pitää muuttaa uusia järjestelmiä vastaaviksi.

N2000-korkeusjärjestelmän osalta korkeustietoa sisältävät tietokantakohteet muunnetaan vakiokorjauksella. Korkeuskäyrästä on mahdollista generoida uudelleen MML:n laserkeilausaineistosta tuotetun maastomallin pohjalta.

Tietokantapohjainen tiedonhallinta mahdollistaa Teklan mukaan kokonaisvaltaisen ja keskitetyn koordinaatistomuunnoksen. Konversiossa muunnetaan kaikki geometrinen kohteiden koordinaattiarvot, tekstien ja symbolien siirtymät ja suunnat sekä käyttäjien nimetyt alueet, työalueet ja karttanäkymien alueet. Kaikkien tietokantakohteiden alkuperäiset luontipäivämäärät ja luojat eivät muutu, mutta päivityspäivämäärät muuttuvat muunnosajankohdan mukaisiksi. Xcity -pohjaisen tuoteperheen kaikki sovellukset muunnetaan yhtenäisesti samalla tavalla.

Ohjelmistoihin tehtävistä päivityksistä ja uusista ohjelmista tiedotetaan hyvissä ajoin. Koordinaatistomuunnoksen johdosta tuotettujen uusien koordinaatein varustettujen runkopisteiden esitystapaan keskitetään erityistä huomiota. Yksi helppo ja selkeä vaihtoehto-

to on uusien symbolien luonti, joista ilmenee selkeästi, milloin on kyseessä esim. pelkästään muunnosparametreilla muunnettu tai aidosti mitattu ja/tai vaaittu piste.

8.1.3 Kaavoitus

Ehdotus on, että koordinaattijärjestelmien muunnoksen realisoituessa vireillä olevat asemakaavat esitetään uudessa järjestelmässä lukunuottamaatta viimeisessä vaiheessa olevia, lainvoimaa odottavia kaavoja. Kaavojen mahdollisiin korkeusasemiin tulee tarvittaessa lisätä tarkistusvaaitusten perusteella laskettu korkeuden vakiokorjaus. Myös muut järjestelmien vaihdoksesta johtuvat tiedot tulee kaavaan päivittää. Tällaisia tietoja ovat kaavan koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä. Uudet aloitettavat yleiskaavat esitetään uudessa järjestelmässä vasta kun siihen on siirrytty.

8.1.4 Mittauslaitteet

Takymetrioiden, GNSS-laitteiden ja vastaavien muiden paikkatietoa tuottavien ja käyttävien mittauslaitteiden mahdollinen päivitystarve tulee huomioida uuden koordinaattijärjestelmän myötä. Uudet koordinaatit ovat pitempiä kuin vanhat KKJ-koordinaatit. Vanhoissa laitteissa ei välttämättä ole tukea näin pitkille koordinaateille, joten ohjelmistopäivitys on välttämätön. Jos päivitys ei ole mahdollista, vaihtoehtona on käyttää laitteessa lyhyempää koordinaattimuotoa, kunhan se muutetaan tietokantaan siirrettäessä sovittuun esitysmuotoon. Useimmissa tapauksissa selvittää kuitenkin vain yksinkertaisilla mittausasetuksien muutoksilla, koska vähänkin uudemmat laitteet tukevat tavallisesti suoraan esim. valtakunnallista FIN2005N00-geoidimallia sekä ETRS-GKntasokoordinaatistoa.

8.1.5 Asiakirjat

Järjestelmien vaihdokset tuovat haasteita asiakirjojen hallintaan. Tavoitteeksi on asetettu, että kaikista asiakirjoista on yksilöidysti käytävä ilmi, missä järjestelmässä taso ja korkeustiedot on ilmoitettu. Kun uusiin järjestelmiin siirrytään, kaikkien asiakkaalle luovutettavien koordinaattitietoa sisältävien asiakirjojen yhteydessä annetaan havainnollinen infolehtinen, joka selventää käytössä olevia ja käytöstä poistuneita vanhoja koordinaattijärjestelmiä. Tämän tarkoituksena on sekaannusten vaaran minimointi.

Asiakirjoja varten on teetetty erityiset leimasimet, joilla uudet ja vanhat järjestelmät voidaan merkitä ja erottaa toisistaan. Erityisesti erilaisista otteista, kuten kantakarttaotteista (esim. rakennuslupahakemuksen liitekartta) ja asemakaavaotteista tulee käydä ilmi käytetty koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä.

8.1.6 Pisteselykortit

Vanhat n. 3000 pistekorttia uusitaan alustavasti tarpeen mukaan. Pistekortit ovat pääasiassa PDF -formaattissa, joten niiden uusinta vaatii paljon manuaalista työtä. Uusista pistekorteista tulee käydä selkeästi ilmi, missä taso- ja korkeusjärjestelmässä koordinaattitiedot on ilmoitettu. Pistekortteja tulee olemaan näin toimittaessa pitkään kahdenlaisia, uusia sekä vanhoja. Mahdollista on myös, että pistekorttien ylläpidosta ja päivityksestä luovutaan tulevaisuudessa kokonaan teknologian kehittyessä.

9 Yhteenveto

Kuluva vuosi 2012 tulee olemaan monessa kunnassa paikkatiedon parissa toimivilla ammattilaisilla koordinaatistouudistusten aikaa. Tarkkoihin satelliittimittauksiin perustuvaan EUREF-FIN-järjestelmään siirtyminen on nykyisessä Euroopan taloustilanteessa voimavaroja ja resursseja kysyvä prosessi. Kuitenkin siirtyminen yhdenmukaiseen koordinaattijärjestelmään valtion ja kuntien tasolla on mm. tulevaisuuden paikkatietojen yhteiskäyttöisyyttä ajatellen järkevä päätös. Koordinaatistoremontin yhteydessä tulee usein kysymykseen myös korkeusjärjestelmän ajantasaistus tuoreimpaan. Mittaustoiminnan ja yhteiskäyttöisyyden nimissä on mielekkäämpää toimia samoissa järjestelmissä, kuin siirtyä eri muunnosparametrien avulla järjestelmien välillä. Toimenpiteessä syntyy lisäksi aina muunnosvirheitä. Suuret valtiolliset organisaatiot ovat jo siirtyneet käyttämään EUREF-FIN-järjestelmää ja moni kunta on seurannut perässä. Myös moni kunta käyttää vielä vanhaa järjestelmäänsä. KKJ:n tuki loppuu Maanmittauslaitoksen mukaan vuoden 2012 lopussa, joten tämä vuosi on todennäköisesti monien kuntien siirtymisaikaa uusiin järjestelmiin.

Kuntaliitokset ovat myös tällä hetkellä pinnalla oleva puheenaihe, joten liitosten realisoituessa tulevat eteen myös mahdollisten paikkatietojärjestelmien tarkoituksenmukainen yhteensovitus. Tähänkin on syytä varautua jo tulevaisuutta ajatellen.

Sanonta ”hyvin suunniteltu on puoliksi tehty” on pätenyt hyvin tähän asti Rauman koordinaattijärjestelmien vaihdosprosessissa. Koordinaatistomuunnoksen suhteen asetetut kriteerit saavutettiin hyvin ja uutta oppia on saatu kuntaan. Tietoa vastaavan kaltaisista projekteista on monipuolisesti saatavilta suoraan alan ammattilaisilta, alan julkaisujen muodossa sekä eri kuntien paikkatietoammattilaisilta. Nykyään myös alan julkaisut alkavat olla huomattavasti käyttäjäläheisempiä ja siten helpommin lähestyttäviä sekä ymmärrettäviä.

Suurten tämän insinööriyön aiheiden kaltaisten paikkatietoa koskevien hankkeiden tiedottamista eri sidosryhmien välillä ei tule koskaan aliarvioida. Ihmisillä on erilaiset lähtötiedot ja monilla rakentajilla monenkirjavat toimintamallit, joten koordinaattijärjestelmien vaihdoksen seurauksista tulee tiedottaa mahdollisimman kansantajuisesti kuntalaisille, rakentajille sekä muiden paikkatietojen kanssa toimiville. Aikaa kattavaan suunnitteluun ja yllättäviin tilanteisiin sekä ongelmiin on hyvä varata aina riittävästi.

Tällä hetkellä globaali GPS-satelliittijärjestelmä ja Euroopan-laajuinen ETRS89-koordinaattijärjestelmä ovat käytännössä yhteneviä, mutta tulevaisuudessa erot järjestelmien välillä kasvavat vähitellen niiden liikkeessä ja kiertyessä toisiinsa nähden. Silloin ollaan jälleen uusien kysymysten ja järjestelmien edessä. Historialla onkin tapana toistaa itseään elävään maapallon sidotuissa järjestelmissä.

Lähteet

Antenna Calibrations. NGS. Verkkodokumentti. <<http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>>. Päivitetty 4.1.2012. Luettu 7.3.2012.

Auringon aktiivisuuden kasvu hidasta. 2011. Verkkodokumentti. Ilmatieteen laitos. <http://ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/125717>>. Päivitetty 11.1.2011. Luettu 9.3.2012.

Bilker-Koivula, Mirjam & Ollikainen, Matti. Geodeettinen laitos – tiedote 29: Suomen geoidimallit ja niiden käyttäminen korkeuden muunnoksissa. 2009. Verkkodokumentti. <http://www.fgi.fi/julkaisut/pdf/GLtiedote29.pdf>. Luettu 13.10.2011.

Bilker-Koivula, Mirjam. Miten GPS-korkeudet eroavat vaaituista? 2008. Positio-lehti 2/2008.

Furuti, Carlos A. 2011. Map projections. Verkkodokumentti. <http://www.progonos.com/furuti/MapProj/Normal/CartDef/MapDef/Img/devSurfaces.png>. Luettu 12.10.2011

Direktiivi, laki ja asetus. 2007. Verkkodokumentti. Paikkatietoikkuna. <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/direktiivi-laki-ja-asetus>. Luettu 28.2.2012.

ETRS-TM35FIN. 2012. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/tasokoordinaatistot/etrs-tm35fin>. Luettu 29.2.2012.

EUREF permanent network. 2012. Verkkodokumentti. EPN Central Bureau - Royal Observatory of Belgium. <<http://epncb.oma.be>>. Päivitetty 31.1.2012. Luettu. 28.2.2012.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2007/2/EY. 2007. Verkkodokumentti. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:FI:PDF>. 14.3.2007. Luettu 15.11.2011.

EUREF-FIN. 2012. Verkkodokumentti Maanmittauslaitos. <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/3d-koordinaatistot/euref-fin>. Luettu 9.3.2012.

Geodeettisen laitoksen tiedote 30. Verkkodokumentti. Geodeettinen laitos. <http://www.fgi.fi/julkaisut/pdf/GLtiedote30.pdf>. Luettu 20.2.2008.

Geodesia ja geodynamiikka, tutkimushankkeet. 2012. Verkkodokumentti. Geodeettinen laitos. <http://www.fgi.fi/osastot/projekti.php?osasto=3&sivu=7>. Luettu 22.12.2011.

Global reference frames. 2009. Verkkodokumentti. Federal Office of Topography, swisstopo.
<<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/en/home/topics/survey/sys/frame/s/global.html>>. Päivitetty 7.4.2009. Luettu 8.1.2012.

GNSS-mittaus EUREF-FIN -koordinaatistossa -suositushanke. 2011. Verkkodokumentti.
<<http://www.jhs-suositukset.fi/web/guest/projects/gnss-measuring>>. Päivitetty 28.11.2011. Luettu 8.1.2012

IGS Products. 2012. Verkkodokumentti. International GNSS Service (IGS).
<http://igsb.jpl.nasa.gov/components/prods.html>. Luettu 10.3.2012

Julkisen hallinnon suositus 153. JHS 153 ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa. 2008. Verkkodokumentti. <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS153/JHS153.pdf>. Päivitetty 6.6.2008. Luettu 10.2.2012

Julkisen hallinnon suositus 154. JHS 154 ETRS89 -järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatistot ja karttalehtijako. 2008. JHS 154 ETRS89 -järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatistot ja karttalehtijako. Päivitetty 14.10.2008. Luettu 10.2.2012

Julkisen hallinnon suositus 163. Suomen korkeusjärjestelmä N2000. 2007
<http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS163/JHS163.pdf>. Päivitetty 20.6.2010. Luettu 11.2.2012.

Julkisen hallinnon suositus xxx -kiintopistemittaus EUREF-FIN -koordinaatistossa. 2012. Verkkodokumentti. http://www.jhs-suositukset.fi/c/document_library/get_file?uuid=fa41c814-aedc-4269-8c25-fb852dde028f&groupId=14. Päivitetty 16.3.2012. Luettu 25.3.2012.

Kaavoitusmittausohjeet. 2003. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos.
http://www.finlex.fi/data/normit/13750-Kaavoitusmittausohjeet_2003.pdf. Luettu 1.10.2011.

KKJ-koordinaattijärjestelmän tuki loppuu. 2011. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/tiedotteet/2011/10/kkj-koordinaattijarjestelman-tuki-loppuu-31122012>. Päivitetty 05.10.2011. Luettu 22.12.2012.

Laki paikkatietoinfrastruktuurista. 2009. Verkkodokumentti.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090421>. Päivitetty 12.6.2009. Luettu 11.10.2011.

Maailmanlaajuiset koordinaattijärjestelmät. 2012. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos. <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/3d-koordinaatistot/itrs-koordinaattijarjestelma>. Luettu 14.2.2012.

Saarikoski, Antti. 2007. Maanmittaustieteiden Seura ry:n julkaisu numero 44.

Häkli, Pasi ym. Staattisen GPS -mittauksen geodeettisesta 3D -tarkkuudesta. Verkkodokumentti. Geodeettinen laitos.
http://mts.fgi.fi/maanmittaus/numerot/2008/2008_2_hakli_etal.pdf. Luettu 10.3.2012

Tasokoordinaatisto. 2011. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/tasokoordinaatistot/tasokoordinaatisto>. Luettu 28.2.2012.

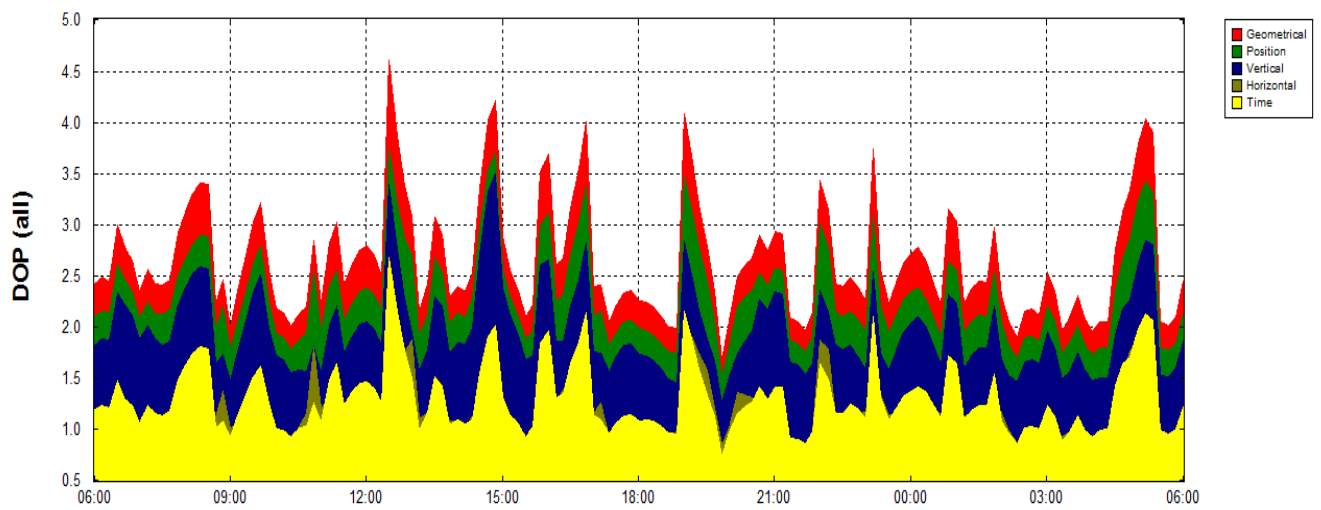
Uikkanen, Eino. 2012. Suomalaiset koordinaatistot. Verkkodokumentti.
<http://www.kolumbus.fi/eino.uikkanen/geodocs/kkjggs.htm>. Päivitetty 16.1.2012. Luettu 28.2.2012.

Valtioneuvoston asetus paikkatietoinfrastruktuurista. 2009. Verkkodokumentti.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090725>. Päivitetty 1.10.2009. Luettu 10.10.2011.

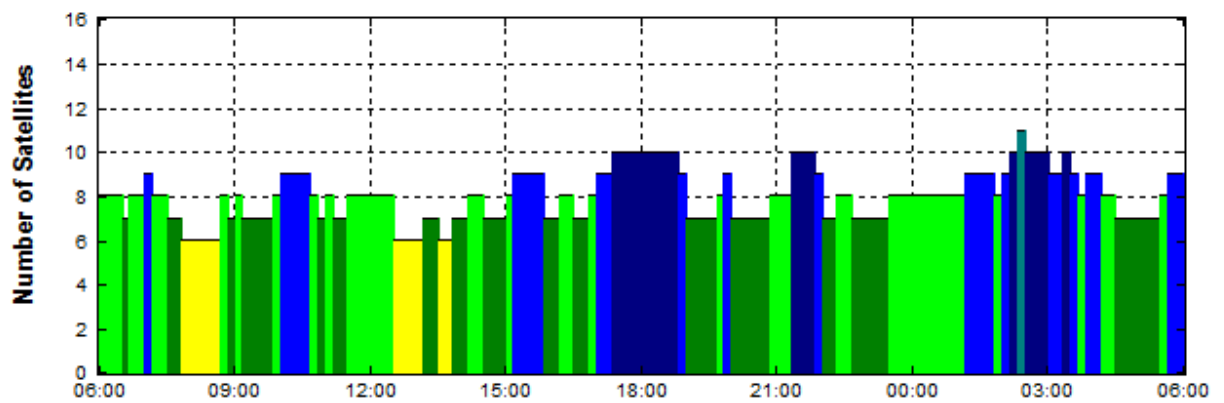
Valtioneuvoston asetus julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunnasta annetun asetuksen muuttamisesta. 2000. Verkkodokumentti.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000838>. Päivitetty 5.10.2000. Luettu 11.10.2011.

Liite 2. Esimerkki DOP- ja näkyvyyksesityksistä (23-24.10).

DOP (all)



Visibility



Station Rauma, Finland North 52° 34' East 52° 37' Height 0m
 Time 23.10.2011 06:00 - 24.10.2011 06:00 (UTC+3.0h)

Elevation cutoff 15° Obstacles 0%
 Satellites 31 GPS 31 [Almanac2.alm (6.10.2011)]

Liite 3. Kiintopisteiden lyhyt näkyvyys- ja ominaisuuskuva

Pistenro.	GPS -käyttökelpoisuus ja lisätiedot
71M1003	Erinomainen. Rauman Kokkovuoren korkeimmalla kohdalla kalliassa.
78M7809	Hyvä. Kalliassa. Näkevöitetty. Paloahde.
83M830	Erinomainen. Suomen Viljavan siilon katolla. Huom. tärinähaitat.
87M8704	Erinomainen. Kalliassa pellossa, Isovuoren läheisyydessä Kodisjoella.
88M8803	Hyvä. Kivessä Santtion metsätien varressa Pyhärannan puolella. Näkevöitetty
89M1096	Hyvä. Alhontien ja Vasaraistentien risteyksen tuntumassa, kalliassa.
89M3449	Tyydyttävä. Kodisjoen Hatra, kalliassa. Käytetään peitepiirrosta.
90M3905	Erinomainen, kalliassa. Hinnerjoki.
91M1152B	Erinomainen, kalliassa pellolla. Eura.
91M3136	Hyvä, Silo.
91M3138	Hyvä, avoin kallio.
91M3140	Tyydyttävä, kalliassa Ruonantien varressa. Käytetään peitepiirrosta.
92M1015	Hyvä, kalliassa Voiluodossa.
93M9327	Hyvä. Avoin kallio. Kupparinmäki.
93M9329	Hyvä. Avoin kallio. Monna.
93M9330	Erinomainen. Uotilan Pahavuori.
94M3345	Erinomainen. Kalliassa keskellä peltoa Lapissa.
94M3363	Erinomainen. Kalliassa avoimella paikalla.
94M3365	Erinomainen. Kalliassa keskellä peltoa.
94M9460	Erinomainen. Kalliassa lähellä merenrantaa, Rihtniemen nokassa.
95M3415	Hyvä. Kalliassa 8-tien varressa, Kulamaantien risteys.
95M9502	Hyvä, avoin kallio. Puulu.
6753001	Hyvä, kalliassa.
7644002	Erinomainen. Kalliassa Lapin Pyörnin läheisyydessä.
7655001	Tyydyttävä. Kalliassa. Naarjoki. Käytetään peitepiirrosta.
8033008	Tyydyttävä. Kalliassa. Käytetään peitepiirrosta.
8632001	Erinomainen. Kalliassa keskellä peltoa. Eurajoki.
G288	Erinomainen. Rauman vesitornin katolla.
OLKI	FinnRef -tukiasema Olkiluodossa.
ristinpera	Erinomainen, kalliassa saaristossa.
S1113	Erinomainen, kalliassa meren rannalla.

Liite 4. Staattisen GPS -mittauksen havaintolomake

Staattisen GPS -mittauksen havaintolomake		Päivämäärä: / 2011
Havaitsija:		
Piste:		
Vastaanotin ja antenni:		
Sessio nro:		
Antennikorkeus 1 (ennen):		
Havaintosession aloitusaika:		
Antennikorkeus 2 (jälkeen):		
Havaintosession lopetusaika:		
HUOM!		
Antennikorkeus mitataan ennen mittausta (1) ja sen jälkeen (2). Kaikki huomionarvoiset seikat mainitaan lisätietoja kohdassa.		
Lisätietoja:		
GPS -runkomittauskampanja EUREF -koordinaatiston pohjaksi - Rauman kaupunki 2011		

Liite 5. Vapaa verkon tasoituksen tulokset vektorikohtaisesti.

Network Relative Accuracy

Euref_Vapaa

Desired Horizontal Accuracy: 0.010m + 5ppm Date: 12/15/11
 Desired Vertical Accuracy: 0.020m + 5ppm Project file:
 Euref_Vapaa.spr
 Confidence Level: Std. Err.
 Linear Units of Measure: Meters

Site	Site		Relative	Allow.	Horizontal	Vertical
Pair	Pair		Error	Error	Relative Acc	Relative Acc
Pair	QA					Distance
1	4002	Lat	0.005	0.042	1:1367517	8205.114
	3363	Lng	0.006	0.042		
		Elv	0.006	0.046		
2	3363	Lat	0.003	0.022	1:992039	3968.171
	3008	Lng	0.004	0.022		
		Elv	0.004	0.028		
3	1003	Lat	0.004	0.029	1:1360236	5440.946
	9502	Lng	0.004	0.029		
		Elv	0.005	0.034		
4	4002	Lat	0.004	0.028	1:1046498	5232.495
	3140	Lng	0.005	0.028		
		Elv	0.006	0.033		
5	4002	Lat	0.005	0.051	1:2016896	10084.485
	3136	Lng	0.005	0.051		
		Elv	0.006	0.054		
6	3140	Lat	0.005	0.034	1:1292141	6460.707
	3136	Lng	0.005	0.034		
		Elv	0.006	0.038		
7	1015	Lat	0.005	0.037	1:1185247	7111.487
	8803	Lng	0.006	0.037		
		Elv	0.006	0.041		
8	1015	Lat	0.003	0.023	1:813276	4066.381
	3415	Lng	0.005	0.023		
		Elv	0.004	0.029		
9	3415	Lat	0.005	0.037	1:1171483	7028.905
	8803	Lng	0.006	0.037		
		Elv	0.006	0.040		
10	1096	Lat	0.003	0.026	1:1217620	4870.490
	3008	Lng	0.004	0.026		
		Elv	0.004	0.032		
11	1096	Lat	0.003	0.021	1:907592	3630.368
	9329	Lng	0.004	0.021		
		Elv	0.003	0.027		
12	3008	Lat	0.003	0.028	1:1761258	5283.776
	9329	Lng	0.003	0.028		
		Elv	0.003	0.033		
13	9329	Lat	0.003	0.034	1:1616294	6465.186
	3415	Lng	0.004	0.034		
		Elv	0.004	0.038		

14	9329 9327	Lat Lng Elv	0.002 0.002 0.003	0.018 0.018 0.025	1:1466346	1:977564	2932.692
15	9327 3415	Lat Lng Elv	0.003 0.004 0.004	0.034 0.034 0.038	1:1618119	1:1618119	6472.481
16	3140 5001	Lat Lng Elv	0.006 0.006 0.006	0.042 0.042 0.046	1:1373187	1:1373187	8239.136
17	3415 3449	Lat Lng Elv	0.005 0.005 0.006	0.039 0.039 0.043	1:1502175	1:1251812	7510.875
18	3415 8704	Lat Lng Elv	0.005 0.005 0.005	0.042 0.042 0.046	1:1643514	1:1643514	8217.566
19	3449 8803	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.007	0.049 0.049 0.052	1:1378060	1:1378060	9646.398
20	3449 8704	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.004	0.021 0.021 0.027	1:914064	1:914064	3656.259
21	1003 0830	Lat Lng Elv	0.003 0.004 0.004	0.023 0.023 0.028	1:1009265	1:1009265	4037.061
22	1003 rist	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.005	0.033 0.033 0.038	1:1592090	1:1273672	6368.358
23	0830 rist	Lat Lng Elv	0.005 0.005 0.005	0.043 0.043 0.047	1:1679742	1:1679742	8398.704
24	0830 9460	Lat Lng Elv	0.005 0.006 0.007	0.044 0.044 0.047	1:1415044	1:1212895	8490.264
25	rist 9502	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.005	0.029 0.029 0.033	1:1339820	1:1071856	5359.281
26	rist 9460	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.008	0.073 0.073 0.075	1:2073095	1:1813958	14511.661
27	OLKI 9502	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.005	0.023 0.023 0.029	1:1017759	1:814207	4071.039
28	OLKI rist	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.005	0.027 0.027 0.032	1:1265631	1:1012505	5062.526
29	3136 3905	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.008	0.067 0.067 0.069	1:1893824	1:1657096	13256.762
30	3136 3001	Lat Lng Elv	0.006 0.006 0.007	0.044 0.044 0.047	1:1428115	1:1224099	8568.688

31	3905 3001	Lat Lng Elv	0.004 0.005 0.005	0.028 0.028 0.033	1:1038372	1:1038372	5191.874
32	2001 3008	Lat Lng Elv	0.003 0.004 0.005	0.035 0.035 0.039	1:1702132	1:1361705	6808.523
33	2001 3363	Lat Lng Elv	0.004 0.006 0.005	0.041 0.041 0.045	1:1338733	1:1606480	8032.396
34	2001 3345	Lat Lng Elv	0.006 0.008 0.008	0.072 0.072 0.074	1:1783830	1:1783830	14270.670
35	2001 9502	Lat Lng Elv	0.003 0.004 0.005	0.028 0.028 0.033	1:1314762	1:1051809	5259.045
36	2001 7809	Lat Lng Elv	0.003 0.004 0.004	0.024 0.024 0.030	1:1098261	1:1098261	4393.046
37	3345 3363	Lat Lng Elv	0.005 0.007 0.007	0.044 0.044 0.047	1:1211940	1:1211940	8483.586
38	7809 9502	Lat Lng Elv	0.003 0.004 0.005	0.034 0.034 0.038	1:1599569	1:1279655	6398.284
39	2001 OLKI	Lat Lng Elv	0.005 0.005 0.006	0.045 0.045 0.048	1:1746027	1:1455022	8730.140
40	OLKI 3345	Lat Lng Elv	0.007 0.008 0.009	0.113 0.113 0.115	1:2820883	1:2507452	22567.074
41	G288 9329	Lat Lng Elv	0.002 0.002 0.002	0.016 0.016 0.023	1:1190294	1:1190294	2380.588
42	G288 9330	Lat Lng Elv	0.002 0.002 0.002	0.015 0.015 0.023	1:1111768	1:1111768	2223.533
43	G288 1003	Lat Lng Elv	0.003 0.004 0.004	0.026 0.026 0.032	1:1222480	1:1222480	4889.922
44	G288 7809	Lat Lng Elv	0.002 0.003 0.003	0.023 0.023 0.029	1:1412281	1:1412281	4236.847
45	G288 9327	Lat Lng Elv	0.002 0.002 0.003	0.017 0.017 0.025	1:1418157	1:945438	2836.317
46	9327 0830	Lat Lng Elv	0.003 0.004 0.004	0.026 0.026 0.031	1:1188226	1:1188226	4752.905
47	7809 1003	Lat Lng Elv	0.003 0.004 0.004	0.024 0.024 0.030	1:1114369	1:1114369	4457.475

48	9330 9329	Lat Lng Elv	0.002 0.002 0.002	0.015 0.015 0.023	1:1159430	1:1159430	2318.862
49	9330 7809	Lat Lng Elv	0.002 0.003 0.003	0.021 0.021 0.027	1:1197327	1:1197327	3591.986
50	9330 3008	Lat Lng Elv	0.002 0.002 0.003	0.020 0.020 0.027	1:1778867	1:1185911	3557.734
51	7809 3008	Lat Lng Elv	0.003 0.003 0.004	0.025 0.025 0.030	1:1526535	1:1144901	4579.607
52	3415 1096	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.004	0.032 0.032 0.036	1:1517625	1:1517625	6070.502
53	1015 9460	Lat Lng Elv	0.005 0.007 0.007	0.046 0.046 0.049	1:1281000	1:1281000	8966.999
54	1015 9327	Lat Lng Elv	0.004 0.005 0.004	0.028 0.028 0.033	1:1025596	1:1281995	5127.978
55	9460 9327	Lat Lng Elv	0.005 0.006 0.007	0.052 0.052 0.055	1:1701187	1:1458160	10207.129
56	1113 8803	Lat Lng Elv	0.016 0.016 0.018	0.106 0.106 0.107	1:1318809	1:1172274	21100.946
57	1113 9460	Lat Lng Elv	0.016 0.017 0.018	0.132 0.132 0.133	1:1543363	1:1457621	26237.165
58	9460 8803	Lat Lng Elv	0.006 0.008 0.008	0.067 0.067 0.069	1:1658426	1:1658426	13267.407
59	1113 3449	Lat Lng Elv	0.016 0.017 0.018	0.146 0.146 0.147	1:1714490	1:1619241	29146.366
60	1113 3136	Lat Lng Elv	0.016 0.017 0.019	0.196 0.196 0.197	1:2302785	1:2060387	39147.355
61	8704 3136	Lat Lng Elv	0.006 0.006 0.007	0.046 0.046 0.049	1:1487553	1:1275045	8925.314
62	8704 3365	Lat Lng Elv	0.004 0.005 0.006	0.031 0.031 0.036	1:1173422	1:977852	5867.112
63	8704 1096	Lat Lng Elv	0.004 0.005 0.006	0.040 0.040 0.044	1:1559132	1:1299276	7795.661
64	3136 3449	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.007	0.056 0.056 0.059	1:1572210	1:1572210	11005.471
65	1096 3365	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.005	0.031 0.031 0.035	1:1465707	1:1172566	5862.828

66	1152 3345	Lat Lng Elv	0.010 0.012 0.011	0.062 0.062 0.064	1:1013716	1:1105872	12164.588
67	3345 4002	Lat Lng Elv	0.005 0.006 0.005	0.032 0.032 0.036	1:1000599	1:1200719	6003.595
68	3365 3136	Lat Lng Elv	0.005 0.006 0.007	0.053 0.053 0.055	1:1718812	1:1473268	10312.873
69	3365 4002	Lat Lng Elv	0.005 0.005 0.006	0.036 0.036 0.040	1:1399157	1:1165964	6995.778
70	3365 3363	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.005	0.034 0.034 0.038	1:1627524	1:1302019	6510.088
71	1096 3363	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.004	0.039 0.039 0.042	1:1868454	1:1868454	7473.817
72	5001 3138	Lat Lng Elv	0.005 0.005 0.005	0.029 0.029 0.034	1:1104790	1:1104790	5523.950
73	5001 1152	Lat Lng Elv	0.009 0.011 0.011	0.056 0.056 0.059	1:1006752	1:1006752	11074.284
74	5001 4002	Lat Lng Elv	0.006 0.006 0.006	0.053 0.053 0.055	1:1718587	1:1718587	10311.526
75	5001 3345	Lat Lng Elv	0.007 0.008 0.007	0.056 0.056 0.059	1:1378726	1:1575687	11029.815
76	3138 3905	Lat Lng Elv	0.004 0.005 0.005	0.034 0.034 0.038	1:1284265	1:1284265	6421.322
77	5001 3905	Lat Lng Elv	0.006 0.006 0.007	0.058 0.058 0.061	1:1916884	1:1643044	11501.296
78	3138 3140	Lat Lng Elv	0.004 0.005 0.006	0.038 0.038 0.042	1:1467331	1:1222776	7336.660
79	3138 3001	Lat Lng Elv	0.003 0.004 0.004	0.020 0.020 0.027	1:892826	1:892826	3571.299
80	3140 3001	Lat Lng Elv	0.005 0.006 0.006	0.039 0.039 0.043	1:1256251	1:1256251	7537.510
81	G288 0830	Lat Lng Elv	0.003 0.004 0.004	0.027 0.027 0.032	1:1256602	1:1256602	5026.410

Liite 6. Kiinteän verkon tasoituksen tulokset vektorikohtaisesti.

Network Relative Accuracy

Euref_Kiinteä

Desired Horizontal Accuracy: 0.010m + 5ppm Date: 12/15/11
 Desired Vertical Accuracy: 0.020m + 5ppm Project file:
 Euref_Kiinteä.spr
 Confidence Level: Std. Err.
 Linear Units of Measure: Meters

Site	Site	Relative	Allow.	Horizontal	Vertical
Pair	Pair	Error	Error	Relative Acc	Relative Acc
Pair	QA				Distance
1	4002	Lat 0.005	0.042	1:1367517	8205.114
	3363	Lng 0.006	0.042		
		Elv 0.006	0.046		
2	3363	Lat 0.002	0.022	1:1322718	3968.178
	3008	Lng 0.003	0.022		
		Elv 0.004	0.028		
3	1003	Lat 0.004	0.029	1:1088189	5440.947
	9502	Lng 0.005	0.029		
		Elv 0.006	0.034		
4	4002	Lat 0.005	0.028	1:872081	5232.491
	3140	Lng 0.006	0.028		
		Elv 0.007	0.033		
5	4002	Lat 0.006	0.051	1:1440640	10084.481
	3136	Lng 0.007	0.051		
		Elv 0.008	0.054		
6	3140	Lat 0.006	0.034	1:922958	6460.708
	3136	Lng 0.007	0.034		
		Elv 0.008	0.038		
7	1015	Lat 0.007	0.037	1:888935	7111.487
	8803	Lng 0.008	0.037		
		Elv 0.008	0.041		
8	1015	Lat 0.004	0.023	1:677730	4066.386
	3415	Lng 0.006	0.023		
		Elv 0.005	0.029		
9	3415	Lat 0.007	0.037	1:878612	7028.908
	8803	Lng 0.008	0.037		
		Elv 0.008	0.040		
10	1096	Lat 0.004	0.026	1:974096	4870.484
	3008	Lng 0.005	0.026		
		Elv 0.005	0.032		
11	1096	Lat 0.004	0.021	1:907592	3630.374
	9329	Lng 0.004	0.021		
		Elv 0.004	0.027		
12	3008	Lat 0.003	0.028	1:1320943	5283.778
	9329	Lng 0.004	0.028		
		Elv 0.004	0.033		
13	9329	Lat 0.002	0.034	1:3232588	6465.179
	3415	Lng 0.002	0.034		
		Elv 0.003	0.038		

14	9329 9327	Lat Lng Elv	0.003 0.003 0.004	0.018 0.018 0.025	1:977564	1:733173	2932.692
15	9327 3415	Lat Lng Elv	0.003 0.003 0.004	0.034 0.034 0.038	1:2157492	1:1618119	6472.481
16	3140 5001	Lat Lng Elv	0.007 0.007 0.008	0.042 0.042 0.046	1:1177017	1:1029890	8239.136
17	3415 3449	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.007	0.039 0.039 0.043	1:1072982	1:1072982	7510.874
18	3415 8704	Lat Lng Elv	0.005 0.006 0.007	0.042 0.042 0.046	1:1369595	1:1173938	8217.563
19	3449 8803	Lat Lng Elv	0.008 0.009 0.010	0.049 0.049 0.052	1:1071824	1:964642	9646.399
20	3449 8704	Lat Lng Elv	0.005 0.006 0.005	0.021 0.021 0.027	1:609376	1:731251	3656.258
21	1003 0830	Lat Lng Elv	0.004 0.005 0.005	0.023 0.023 0.028	1:807412	1:807412	4037.062
22	1003 rist	Lat Lng Elv	0.005 0.006 0.006	0.033 0.033 0.038	1:1061393	1:1061393	6368.357
23	0830 rist	Lat Lng Elv	0.006 0.006 0.007	0.043 0.043 0.047	1:1399785	1:1199815	8398.705
24	0830 9460	Lat Lng Elv	0.007 0.008 0.010	0.044 0.044 0.047	1:1061283	1:849026	8490.261
25	rist 9502	Lat Lng Elv	0.005 0.005 0.007	0.029 0.029 0.033	1:1071856	1:765611	5359.281
26	rist 9460	Lat Lng Elv	0.007 0.009 0.010	0.073 0.073 0.075	1:1612407	1:1451166	14511.663
27	OLKI 9502	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.005	0.023 0.023 0.029	1:1017759	1:814207	4071.040
28	OLKI rist	Lat Lng Elv	0.005 0.005 0.006	0.027 0.027 0.032	1:1012505	1:843754	5062.530
29	3136 3905	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.008	0.067 0.067 0.069	1:1893824	1:1657096	13256.763
30	3136 3001	Lat Lng Elv	0.007 0.007 0.008	0.044 0.044 0.047	1:1224099	1:1071086	8568.689

31	3905 3001	Lat Lng Elv	0.005 0.006 0.006	0.028 0.028 0.033	1:865310	1:865310	5191.873
32	2001 3008	Lat Lng Elv	0.004 0.006 0.006	0.035 0.035 0.039	1:1134754	1:1134754	6808.526
33	2001 3363	Lat Lng Elv	0.004 0.005 0.005	0.041 0.041 0.045	1:1606480	1:1606480	8032.400
34	2001 3345	Lat Lng Elv	0.007 0.009 0.009	0.072 0.072 0.074	1:1585627	1:1585627	14270.675
35	2001 9502	Lat Lng Elv	0.004 0.006 0.006	0.028 0.028 0.033	1:876508	1:876508	5259.045
36	2001 7809	Lat Lng Elv	0.004 0.005 0.005	0.024 0.024 0.030	1:878608	1:878608	4393.048
37	3345 3363	Lat Lng Elv	0.006 0.008 0.008	0.044 0.044 0.047	1:1060447	1:1060447	8483.585
38	7809 9502	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.006	0.034 0.034 0.038	1:1599569	1:1066379	6398.283
39	2001 OLKI	Lat Lng Elv	0.004 0.005 0.005	0.045 0.045 0.048	1:1746027	1:1746027	8730.140
40	OLKI 3345	Lat Lng Elv	0.006 0.008 0.008	0.113 0.113 0.115	1:2820883	1:2820883	22567.076
41	G288 9329	Lat Lng Elv	0.002 0.002 0.003	0.016 0.016 0.023	1:1190294	1:793529	2380.591
42	G288 9330	Lat Lng Elv	0.002 0.003 0.003	0.015 0.015 0.023	1:741178	1:741178	2223.537
43	G288 1003	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.005	0.026 0.026 0.032	1:1222480	1:977984	4889.919
44	G288 7809	Lat Lng Elv	0.003 0.003 0.004	0.023 0.023 0.029	1:1412281	1:1059211	4236.849
45	G288 9327	Lat Lng Elv	0.003 0.003 0.004	0.017 0.017 0.025	1:945438	1:709078	2836.315
46	9327 0830	Lat Lng Elv	0.004 0.005 0.005	0.026 0.026 0.031	1:950581	1:950581	4752.906
47	7809 1003	Lat Lng Elv	0.004 0.005 0.005	0.024 0.024 0.030	1:891495	1:891495	4457.475
48	9330 9329	Lat Lng Elv	0.002 0.003 0.003	0.015 0.015 0.023	1:772953	1:772953	2318.863

49	9330 7809	Lat Lng Elv	0.003 0.003 0.004	0.021 0.021 0.027	1:1197327	1:897995	3591.985
50	9330 3008	Lat Lng Elv	0.003 0.003 0.004	0.020 0.020 0.027	1:1185911	1:889433	3557.739
51	7809 3008	Lat Lng Elv	0.003 0.004 0.005	0.025 0.025 0.030	1:1144901	1:915921	4579.612
52	3415 1096	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.004	0.032 0.032 0.036	1:1517625	1:1517625	6070.494
53	1015 9460	Lat Lng Elv	0.006 0.009 0.010	0.046 0.046 0.049	1:996334	1:896700	8967.003
54	1015 9327	Lat Lng Elv	0.004 0.006 0.005	0.028 0.028 0.033	1:854663	1:1025596	5127.971
55	9460 9327	Lat Lng Elv	0.006 0.008 0.010	0.052 0.052 0.055	1:1275890	1:1020712	10207.124
56	1113 8803	Lat Lng Elv	0.007 0.008 0.008	0.106 0.106 0.107	1:2637618	1:2637618	21100.942
57	1113 9460	Lat Lng Elv	0.006 0.008 0.010	0.132 0.132 0.133	1:3279647	1:2623717	26237.161
58	9460 8803	Lat Lng Elv	0.008 0.010 0.011	0.067 0.067 0.069	1:1326741	1:1206128	13267.410
59	1113 3449	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.007	0.146 0.146 0.147	1:4163763	1:4163763	29146.361
60	1113 3136	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.008	0.196 0.196 0.197	1:5592480	1:4893420	39147.350
61	8704 3136	Lat Lng Elv	0.007 0.007 0.008	0.046 0.046 0.049	1:1275045	1:1115664	8925.314
62	8704 3365	Lat Lng Elv	0.006 0.006 0.007	0.031 0.031 0.036	1:977852	1:838159	5867.110
63	8704 1096	Lat Lng Elv	0.006 0.006 0.007	0.040 0.040 0.044	1:1299276	1:1113665	7795.662
64	3136 3449	Lat Lng Elv	0.007 0.008 0.009	0.056 0.056 0.059	1:1375683	1:1222830	11005.471
65	1096 3365	Lat Lng Elv	0.005 0.005 0.007	0.031 0.031 0.035	1:1172566	1:837547	5862.830
66	1152 3345	Lat Lng Elv	0.006 0.008 0.008	0.062 0.062 0.064	1:1520574	1:1520574	12164.579

67	3345 4002	Lat Lng Elv	0.007 0.008 0.007	0.032 0.032 0.036	1:750449	1:857656	6003.594
68	3365 3136	Lat Lng Elv	0.007 0.007 0.008	0.053 0.053 0.055	1:1473268	1:1289109	10312.871
69	3365 4002	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.008	0.036 0.036 0.040	1:999397	1:874473	6995.781
70	3365 3363	Lat Lng Elv	0.005 0.005 0.006	0.034 0.034 0.038	1:1302019	1:1085016	6510.085
71	1096 3363	Lat Lng Elv	0.004 0.004 0.004	0.039 0.039 0.042	1:1868454	1:1868454	7473.818
72	5001 3138	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.007	0.029 0.029 0.034	1:789135	1:789135	5523.946
73	5001 1152	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.007	0.056 0.056 0.059	1:1582040	1:1582040	11074.267
74	5001 4002	Lat Lng Elv	0.007 0.008 0.008	0.053 0.053 0.055	1:1288940	1:1288940	10311.525
75	5001 3345	Lat Lng Elv	0.008 0.009 0.009	0.056 0.056 0.059	1:1225534	1:1225534	11029.814
76	3138 3905	Lat Lng Elv	0.005 0.006 0.006	0.034 0.034 0.038	1:1070221	1:1070221	6421.319
77	5001 3905	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.007	0.058 0.058 0.061	1:1643044	1:1643044	11501.288
78	3138 3140	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.007	0.038 0.038 0.042	1:1048093	1:1048093	7336.660
79	3138 3001	Lat Lng Elv	0.004 0.006 0.005	0.020 0.020 0.027	1:595217	1:714261	3571.298
80	3140 3001	Lat Lng Elv	0.006 0.007 0.007	0.039 0.039 0.043	1:1076787	1:1076787	7537.508
81	G288 0830	Lat Lng Elv	0.004 0.005 0.005	0.027 0.027 0.032	1:1005281	1:1005281	5026.405

Liite 7. Kiinteän verkon tasoituksen tulokset pistekohtaisesti.

Site Positions

Euref_Kiinteä

Horizontal Coordinate System: Univ. Transverse Merc. (N) **Date:** 12/15/11
Height System: Ellips. Ht. **Project**
file: Euref_Kiinteä.spr
Desired Horizontal Accuracy: 0.010m + 5ppm
Desired Vertical Accuracy: 0.020m + 5ppm
Confidence Level: Std. Err.
Linear Units of Measure: Meters

<u>Site ID</u>	<u>Site Descriptor</u>	<u>Position</u>	<u>Std Error</u>	<u>Fix Status</u>	<u>Position Status</u>
1 3363	3363	Lat. 61° 08' 08.14464" N Lon. 21° 41' 47.85261" E Elv. 40.352	0.000 0.000 0.000	Fixed Fixed Fixed	Adjusted
2 3415	3415	Lat. 61° 02' 46.66401" N Lon. 21° 31' 35.28138" E Elv. 32.781	0.000 0.000 0.000	Fixed Fixed Fixed	Adjusted
3 OLKI	OLKI	Lat. 61° 14' 22.74877" N Lon. 21° 28' 21.62478" E Elv. 30.534	0.000 0.000 0.000	Fixed Fixed Fixed	Adjusted
4 3905	3905	Lat. 60° 59' 47.15025" N Lon. 22° 04' 39.12510" E Elv. 62.553	0.000 0.000 0.000	Fixed Fixed Fixed	Adjusted
5 1113	1113	Lat. 60° 51' 34.08784" N Lon. 21° 10' 47.13436" E Elv. 21.242	0.000 0.000 0.000	Fixed Fixed Fixed	Adjusted
6 1152	1152	Lat. 61° 11' 35.56968" N Lon. 22° 03' 34.53106" E Elv. 52.074	0.000 0.000 0.000	Fixed Fixed Fixed	Adjusted
7 4002	4002	Lat. 61° 05' 55.71053" N Lon. 21° 49' 42.50780" E Elv. 43.665	0.005 0.006 0.006		Adjusted
8 3008	3008	Lat. 61° 07' 46.69678" N Lon. 21° 37' 26.46553" E Elv. 47.316	0.002 0.003 0.004		Adjusted
9 1003	1003	Lat. 61° 09' 37.90008" N Lon. 21° 28' 30.46180" E Elv. 50.134	0.004 0.004 0.005		Adjusted
10 9502	9502	Lat. 61° 12' 25.02857" N Lon. 21° 30' 23.26314" E Elv. 27.970	0.004 0.004 0.005		Adjusted
11 3140	3140	Lat. 61° 03' 38.51106" N Lon. 21° 53' 06.39485" E Elv. 64.774	0.006 0.006 0.007		Adjusted
12 3136	3136	Lat. 61° 00' 30.04041" N Lon. 21° 50' 01.47116" E Elv. 52.948	0.006 0.007 0.008		Adjusted
13 1015	1015	Lat. 61° 03' 28.84283" N Lon. 21° 27' 18.63168" E Elv. 23.558	0.004 0.006 0.005		Adjusted

14	8803	8803	Lat. 60° 59' 39.11771" N Lon. 21° 27' 11.43041" E Elv. 44.689	0.007 0.008 0.008		Adjusted
15	1096	1096	Lat. 61° 05' 15.00859" N Lon. 21° 36' 00.03056" E Elv. 33.059	0.004 0.004 0.004		Adjusted
16	9329	9329	Lat. 61° 06' 13.81869" N Lon. 21° 32' 30.42020" E Elv. 51.409	0.002 0.002 0.003		Adjusted
17	9327	9327	Lat. 61° 06' 04.52016" N Lon. 21° 29' 15.61089" E Elv. 47.565	0.003 0.003 0.004		Adjusted
18	5001	5001	Lat. 61° 05' 44.65877" N Lon. 22° 01' 10.29301" E Elv. 83.015	0.006 0.007 0.007		Adjusted
19	3449	3449	Lat. 61° 00' 06.37294" N Lon. 21° 37' 50.74318" E Elv. 38.419	0.006 0.007 0.007		Adjusted
20	8704	8704	Lat. 61° 01' 38.09904" N Lon. 21° 40' 24.09108" E Elv. 39.785	0.005 0.006 0.007		Adjusted
21	0830	0830	Lat. 61° 07' 56.98667" N Lon. 21° 25' 39.55039" E Elv. 102.728	0.004 0.005 0.005		Adjusted
22	rist	rist	Lat. 61° 12' 25.86454" N Lon. 21° 24' 24.35417" E Elv. 21.453	0.005 0.005 0.006		Adjusted
23	9460	9460	Lat. 61° 05' 14.95400" N Lon. 21° 18' 02.20945" E Elv. 20.780	0.006 0.008 0.010		Adjusted
24	3001	3001	Lat. 61° 01' 00.44698" N Lon. 21° 59' 28.35297" E Elv. 49.899	0.005 0.006 0.006		Adjusted
25	2001	2001	Lat. 61° 11' 21.65791" N Lon. 21° 35' 49.95452" E Elv. 37.361	0.004 0.005 0.005		Adjusted
26	3345	3345	Lat. 61° 09' 05.80140" N Lon. 21° 51' 02.17107" E Elv. 49.797	0.006 0.008 0.008		Adjusted
27	7809	7809	Lat. 61° 09' 18.01995" N Lon. 21° 33' 25.66005" E Elv. 48.675	0.003 0.003 0.004		Adjusted
28	G288	G288	Lat. 61° 07' 18.96639" N Lon. 21° 31' 05.98346" E Elv. 91.634	0.000 0.000 0.000	Fixed Fixed Fixed	Adjusted
29	9330	9330	Lat. 61° 07' 22.05135" N Lon. 21° 33' 34.34096" E Elv. 58.149	0.002 0.003 0.003		Adjusted
30	3365	3365	Lat. 61° 04' 38.54542" N Lon. 21° 42' 23.80513" E Elv. 46.670	0.005 0.005 0.006		Adjusted
31	3138	3138	Lat. 61° 02' 46.23147" N Lon. 22° 01' 03.30924" E Elv. 56.646	0.005 0.006 0.006		Adjusted

Liite 8. Koordinaattilistaus ETRS-GK22-tasokoordinaatistossa

0830	6780392.530	22469161.089	102.728
1003	6783494.604	22471744.156	50.134
1015	6772080.220	22470574.931	23.558
1096	6775309.872	22478417.121	33.059
1113	6750113.147	22455423.724	21.242
1152	6787024.960	22503204.767	52.074
2001	6786659.607	22478335.972	37.361
3001	6767364.569	22499524.601	49.899
3008	6779997.348	22479739.611	47.316
3136	6766434.789	22491006.565	52.948
3138	6770638.978	22500950.147	56.646
3140	6772262.493	22493795.442	64.774
3345	6782396.860	22491955.070	49.797
3363	6780640.909	22483655.242	40.352
3365	6774150.771	22484164.208	46.670
3415	6770744.748	22474415.779	32.781
3449	6765747.108	22480022.648	38.419
3905	6765098.299	22504195.680	62.553
4002	6776515.894	22490748.031	43.665
5001	6776161.842	22501053.313	83.015
7809	6782846.602	22476154.284	48.675
8704	6768574.004	22482341.452	39.785
8803	6764970.691	22470407.527	44.689
9327	6776884.614	22472367.579	47.565
9329	6777150.785	22475288.169	51.409
9330	6779256.186	22476259.951	58.149
9460	6775443.854	22462262.594	20.780
9502	6788654.561	22473469.989	27.970
G288	6779176.351	22474038.108	91.634
OLKI	6792312.518	22471683.122	30.534
rist	6788724.979	22468111.134	21.453

Liite 9. Koordinaattilistaus ETRS-TM35FIN-tasokoordinaatistossa

0830	6790330.649	200124.050	102.728
1003	6793228.224	202938.539	50.134
1015	6781928.853	200899.373	23.558
1096	6784551.941	208970.608	33.059
1113	6761166.248	184104.053	21.242
1152	6794344.263	234594.901	52.074
2001	6795881.821	209757.420	37.361
3001	6775013.082	229421.484	49.899
3008	6789127.565	210648.348	47.316
3136	6774735.862	220852.834	52.948
3138	6778170.695	231093.596	56.646
3140	6780336.744	224080.132	64.774
3345	6790587.562	223018.609	49.797
3363	6789470.285	214604.107	40.352
3365	6782956.358	214615.857	46.670
3415	6780302.936	204629.557	32.781
3449	6774888.437	209841.971	38.419
3905	6772395.751	233908.192	62.553
4002	6784812.846	221364.935	43.665
5001	6783672.226	231618.373	83.015
7809	6792244.421	207289.102	48.675
8704	6777531.757	212371.317	39.785
8803	6774847.975	200189.284	44.689
9327	6786585.466	203055.162	47.565
9329	6786627.795	205989.491	51.409
9330	6788654.119	207120.003	58.149
9460	6785920.307	192862.470	20.780
9502	6798244.479	205055.186	27.970
G288	6788744.324	204897.107	91.634
OLKI	6802030.880	203552.300	30.534
rist	6798724.775	199713.803	21.453

Liite 10. Koordinaattilistaus maantieteellisissä koordinaateissa

0830	610756.98667	212539.55039	102.728
1003	610937.90008	212830.46180	50.134
1015	610328.84283	212718.63168	23.558
1096	610515.00859	213600.03056	33.059
1113	605134.08784	211047.13436	21.242
1152	611135.56968	220334.53106	52.074
2001	611121.65791	213549.95452	37.361
3001	610100.44698	215928.35297	49.899
3008	610746.69678	213726.46553	47.316
3136	610030.04041	215001.47116	52.948
3138	610246.23147	220103.30924	56.646
3140	610338.51106	215306.39485	64.774
3345	610905.80140	215102.17107	49.797
3363	610808.14464	214147.85261	40.352
3365	610438.54542	214223.80513	46.670
3415	610246.66401	213135.28138	32.781
3449	610006.37294	213750.74318	38.419
3905	605947.15025	220439.12510	62.553
4002	610555.71053	214942.50780	43.665
5001	610544.65877	220110.29301	83.015
7809	610918.01995	213325.66005	48.675
8704	610138.09904	214024.09108	39.785
8803	605939.11771	212711.43041	44.689
9327	610604.52016	212915.61089	47.565
9329	610613.81869	213230.42020	51.409
9330	610722.05135	213334.34096	58.149
9460	610514.95400	211802.20945	20.780
9502	611225.02857	213023.26314	27.970
G288	610718.96639	213105.98346	91.634
OLKI	611422.74877	212821.62478	30.534
rist	611225.86454	212424.35417	21.453