



MAANMITTAUSLAITOS

## JHS-suositus(luonnos):

# Kiintopistemittaus EUREF-FIN – koordinaattijärjestelmässä

EUREF-II -päivä 2012

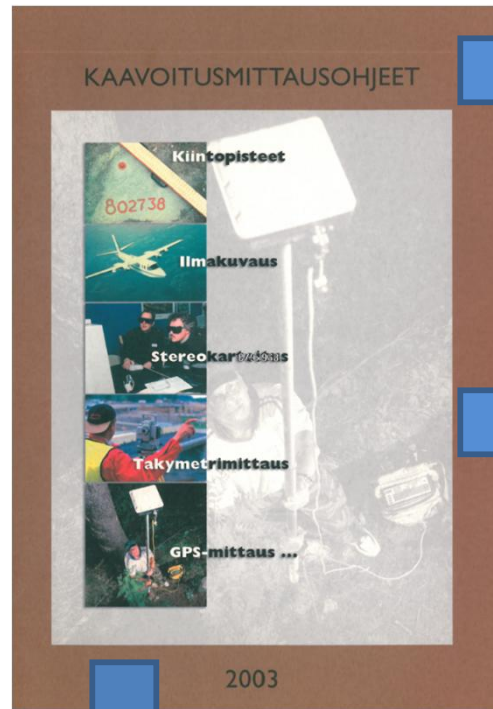
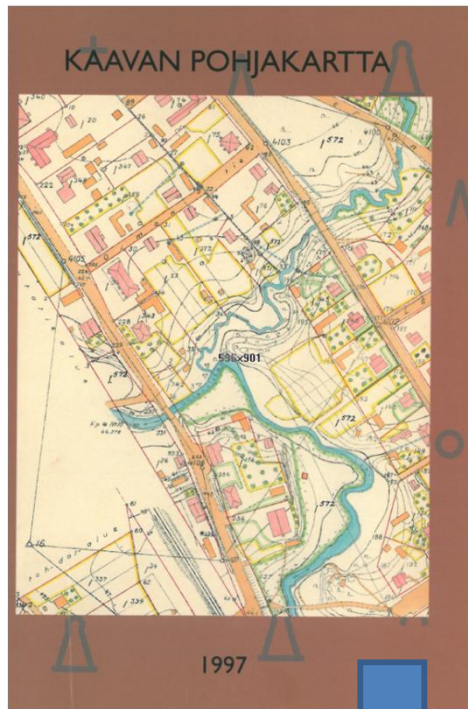
Marko Ollikainen  
Kehittämiskeskus  
Maanmittauslaitos



# Mittausohjeiden uudistamisesta - yleistä

Ajantasaista ohjeistusta ei ole ollut

- Numeerisen kartoituksen maastomittausohjeet 1991
- Organisaatioiden omat mittausohjeet (... LiVi 2011)
- Kaavan pohjakartta 1997 + Kaavoitusmittausohjeet 2003



## Koordinaatisto/korkeus:

- JHS 153: EUREF-FIN
- JHS 154: ETRS-tasok.
- JHS 163: N2000
- GL:n tiedotteet 29 ja 30

## Mittaaminen:

JHS XXX:  
Kiintopistemittaus  
EUREF-FIN –  
koordinaattijärjestelmässä

**Kohdemalli, kohteiden kuvaustekniikka, tarkastus, laatuvaatimukset:**

JHS XXX: Asemakaavan pohjakartan laatiminen



# JHS-suositus:

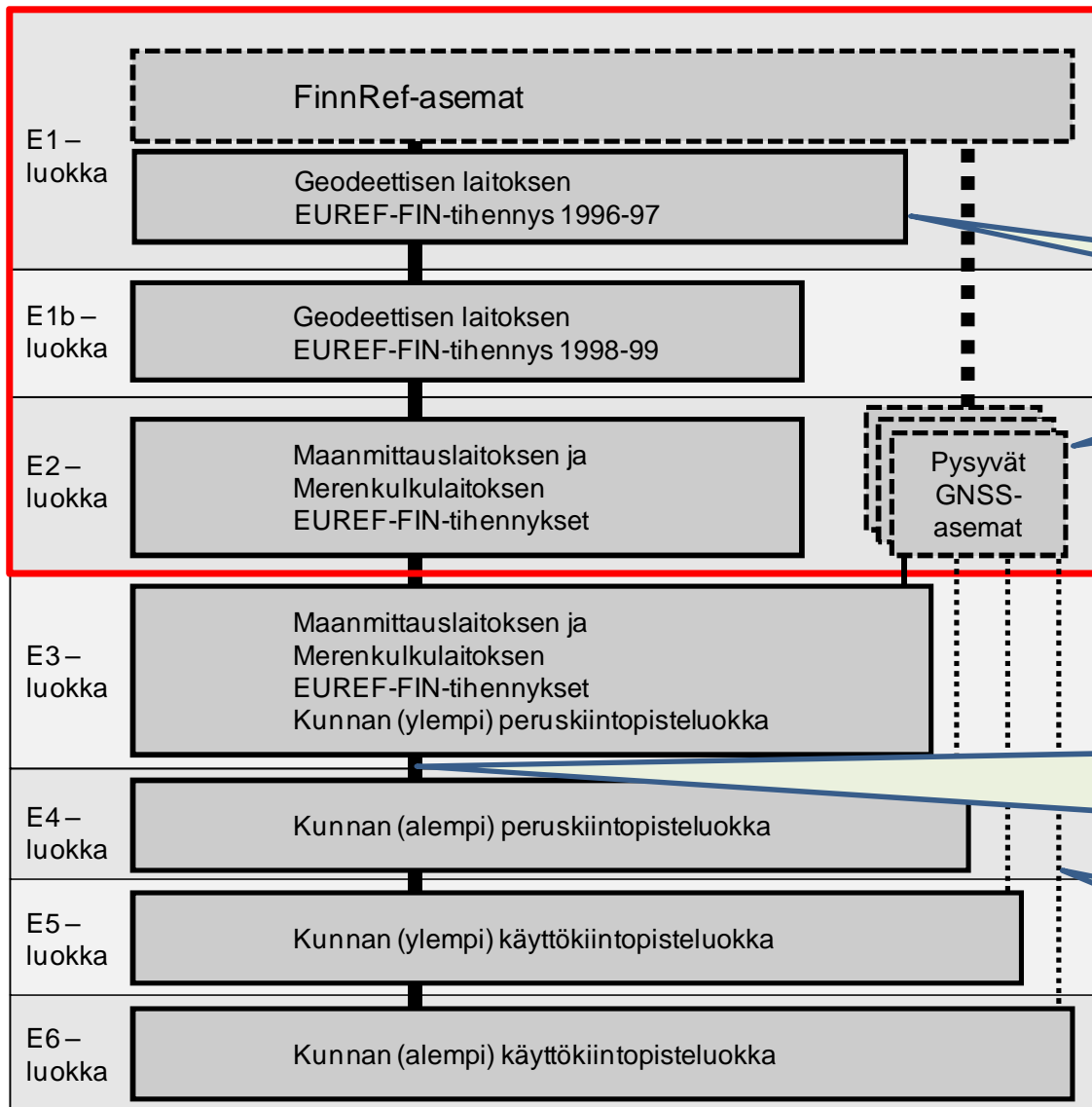
## Kiintopistemittaus EUREF-FIN -koordinaattijärjestelmässä

### Sisältö

- EUREF-FIN – kiintopisteet ja niiden luokittelu
  - Valtakunnalliset
  - Paikalliset
  - Aktiiviset
- Mittausmenetelmät
  - Staattinen relatiivinen GNSS -mittaus
  - Reaaliaikainen GNSS –mittaus
  - Takymetrimittaukset
- EUREF-FIN –kiintopisteiden koordinaattien määrittäminen
  - Kiintopistemittausten kontrollointi
  - Peruskiintopisteet
  - käyttökiintopisteet



# EUREF-FIN – kiintopisteet ja niiden luokittelu



Valtakunnalliset E1-E2-luokan EUREF-FIN -kiintopisteet

Passiiviset kiintopisteet

Aktiiviset kiintopisteet

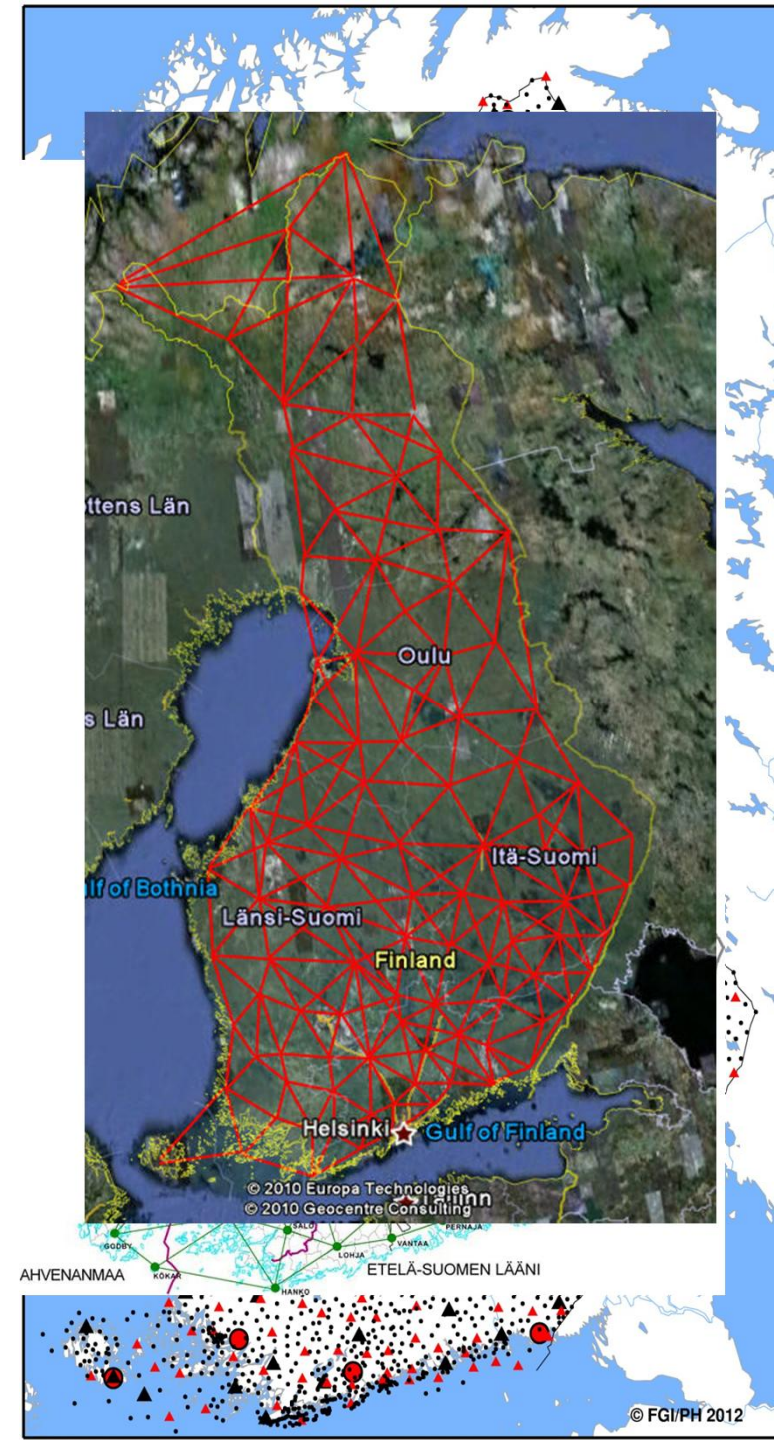
Hierarkkinen, suoraan lähimpiin ylempien luokkien kiintopisteisiin perustuva mittaus

Yli luokkarajojen tapahtuva mittaus



# EUREF-FIN -kiintopisteet

- Valtakunnalliset
  - FinnRef – E1 – E1b – E2
    - Kuva pasi Häkli/GL
- Aktiiviset kiintopisteet
  - VRSNet/Geotrim
    - Kuva Geotrim
  - SmartNet/Leica Geosystems
    - Kuva Esa Wikman/Leica
- Paikalliset kiintopisteet
  - E3 ja E4: kunnan koordinaattijärjestelmän runko (+ alueella sijaitsevat valtakunnalliset E1-E2- pisteet)
  - E3-luokka on tarkoitettu kunnan ylemmäksi ja harvemmaksi peruskiintopistelukuokaksi ja E4 tämän tihennykseksi.
  - E5, E6-luokkien käyttökiintopisteet toimivat kartoitus- ja merkintämittausten lähtöpisteinä.
  - E5-luokan pisteet muodostavat kunnan ylempään ja tarkemman käyttöpistelukuokan
  - E6-luokka on tarkoitettu epätarkemmille kiintopisteille mm. muunnetuille pisteille ja apupisteille.



## E2 –luokan aktiiviset kiintopisteet

- Aktiivinen kiintopiste: kiinteästi sijoitettu GNSS -laitteisto, joka kerää jatkuvasti GNSS -havaintoja
- Pysyvien GNSS -asemien määrä ja käyttö paikkatiedon tuotantoon ja hyödyntämiseen on kasvanut voimakkaasti koko 2000-luvun
- Asemia on viranomaisilla niin valtakunnallisessa kuin paikallisessakin käytössä



Tarve ohjeistukselle ja asemien "luokan" määrittämiselle

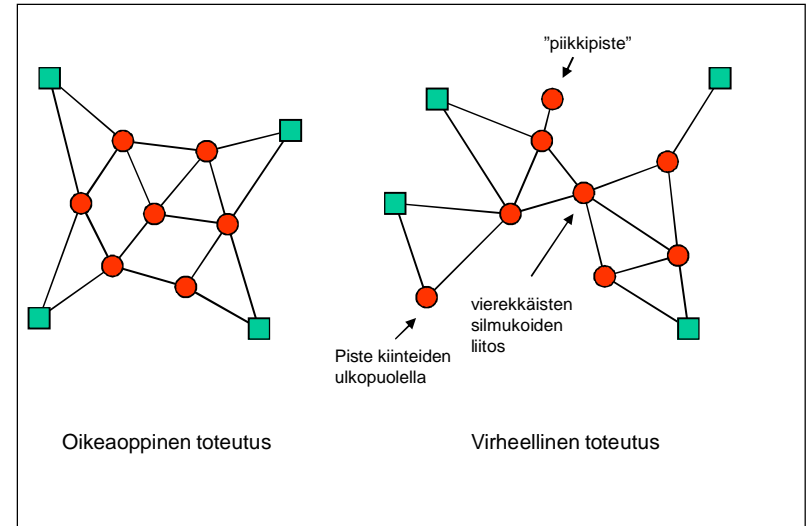
- Ohjeet ja vaatimukset tukiaseman tai tukiasemaverkon liittämiseksi valtakunnalliseen E2-luokkaan löytyvät erillisestä *tukiasemaohjeesta, lyhyesti*
  - Vaatimukset tukiasemalle (paikka, GNSS -laitteet, dataliikenne)
  - Laskenta ja laadunvalvonta
    - E2-luokan koordinaatit määrittää Geodeettinen laitos
    - Tukiasemien havainnot pitää olla GL:n käytettävissä asemien koordinaattien määrittämistä ja monitorointia varten
  - E2 –verkkosivut
    - Kartta hyväksytyistä asemista
    - Asemakohtaiset tiedot (lokitietoja, koordinaatit, aikasarjoja, laatutiedot...)





# Mittausmenetelmät

- Staattinen relatiivinen GNSS –mittaus
  - Verkon suunnitteluperiaatteet
  - Laitevaatimukset
  - Mittaaminen ja sen suunnittelu
  - Laskenta
    - Vektorilaskenta
    - Tasoitukset
- Reaaliaikainen GNSS -mittaus
  - Reaaliaikainen vaihehavaintoihin perustuva GNSS -mittaus (RTK -mittaus)
  - Tarkkuus riittää myös kiintopisteiden mittaamiseen kun noudatetaan tiettyjä periaatteita
    - Mittauspaikka, FIX –ratkaisu, sarjahavainnot + uudelleen alustukset, kontrollipisteet
- Takymetrimittaus
  - Käyttökiintopisteiden (E5-E6) mittaaminen jonomittauksena
  - Vaatimukset jonolle, pistemäärille, laitteille, havaintotyölle



# EUREF-FIN-kiintopisteiden koordinaattien määrittäminen

- Kiintopisteiden mittaamisessa käytetään vähintään yhtä luokkaa ylempiä lähtöpisteitä kuin mihin määritettävät (mitattavat) kiintopisteet halutaan.
- Mittausmenetelmät eri luokissa:

Mittausmenetelmä	E1-E2	E3-E4	E5-E6
Staattinen GNSS	x	x	x
Reaaliaikainen GNSS			x
Takymetrimittaukset			x

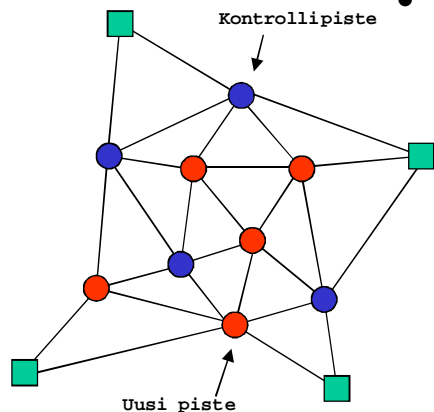
- Staattisen mittauksen havaintoajat:

Vektorin pituus	Mittausjakson pituus eri koordinaattiluokissa					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
10 km	-	2 h	1 h	1 h	30 min	30 min
30 km	8 h	6 h	2,5 h	1,5 h	30 min	30 min
50 km	15 h	9 h	4,5 h	2,5 h	1 h	30 min
100 km	19 h	13 h	8 h	5 h	3 h	2 h
> 100 km	24 h	24 h	-	-	-	-

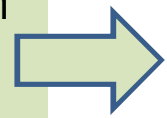
Suosittelavia vähimmäishavaintoaikoja staattiselle GNSS-mittaukselle EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmässä.

- Kontrollointi:

- Uusien mittausten yhteensopivuus olemassa olevaan saman luokan kiintopisteisiin -> mittauksiin mukaan kontrollipisteitä (joille määritetään uudet koordinaatit)



Suunnittelun, maastotyön ja laskennan  
Kontrollointi mittausmenetelmittäin ja  
-luokittain





# Staattinen mittaus: E3 ja E4

Suunnittelussa	E3	E4
<b>Lähtöpisteiden valinta</b>		
Luokka	E1-E2	E1-E3
Lukumäärä	Vähintään kolme mittausalueen ulkopuolista pistettä. Mittausalueella tarkoitetaan määritettävien pisteiden rajaamaa aluetta verkossa.	
Mittausalueelta	Vähintään E2-luokan pisteet	Vähintään E3-luokan pisteet
Etäisyys mittausalueen rajalta	Enintään 100 km	
Sijainti	Uloimmat lähtöpisteet sulkevat mitattavan alueen sisäänsä	
<b>Kontrollipisteiden valinta (mikäli mittausalueella on ko. luokan pisteitä)</b>		
Luokka	E3	E4
Lukumäärä (N on määritettävien pisteiden lukumäärä)	3+0,2*N	2+0,2*N
Sijainti	Mittausalueelta ja korkeintaan 5 km etäisyydeltä mittausalueen reunoista	Mittausalueelta ja korkeintaan 3 km etäisyydeltä mittausalueen reunoista
<b>Verkon rakenne</b>		
Rakenne	Kolmioverkko	Monikulmioverkko
Riippumattomien vektoreiden lukumäärä silmukassa	3	3–5
Vektoreita jokaisesta lähtöpisteestä määritettäviin pisteisiin	Vähintään 2	
Yhtä aikaa havaitsevien vastaanottimien lukumäärä määritettävillä kiintopisteillä	Vähintään 2	
Jonomaisuus	Kaikkien pisteiden sisällyttävä johonkin verkon silmukkaan (ei piikkipisteitä)	
Piste mukana vähintään kahdessa sessiossa	Kyllä	
Yhteisiä pisteitä vierekkäisillä silmuilla	2	Vähintään 2
Suosittelava pisteväli	4–10 km	0,5–5 km
Toistettavien riippumattomien vektoreiden lukumäärä	15 % suunnitellun verkon vektoreista	
Vierekkäisten pisteiden välinen vektori mitattava suoraan	Mitataan aina (kolmioverkko).	Kyllä, jos pisteiden välillä näköyhteys tai jos etäisyys on alle 20 % muuta reittiä (mitattuja vektoreita) pitkin saatavasta etäisyydestä.

Havaintojaksojen suunnittelu		
Havaintojakson vähimmäispituus (taulukko 2)	Pisimmän sessioon kuuluvan vektorin etäisyyden perusteella, kuitenkin vähintään 1 h.	
PDOP	Enintään 5	
Satelliittien lukumäärä (75 % ajasta)	Vähintään 5	
Havaintopaikan laatu (esteisyys)	Mahdollisimman avoin korkeuskulman 15–20° yläpuolella. Vältettävä monitieheijastumista aiheuttavia olosuhteita.	
<b>Maastossa</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Suosittelava havaintoväli	1,5,10,15 tai 30 s	
Aikaväli toistettaville vektoreille vähintään	60 min	
Antennin keskistys ja korkeuden mittaus	Keskistys ja korkeuden mittaus 1 mm:n tarkkuudella. Joka sessioon jokaiselle pisteelle oma keskistys, jossa myös jalusta pystytetään uudelleen. Tasain ja luoti tarkistetaan säännöllisesti.	
Antennin korkeuden mittaus ja keskityksen tarkistus	Ennen ja jälkeen havaintojakson	
Poikkeama antennin korkeuden mittauksessa enintään	3 mm	
Korkeuskulmamaski havaittaessa (vastaanottimessa)	5 astetta	
<b>Jälkikäsitellyssä</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Verkon laskenta yhtenä tasoituksena	Kyllä	
Havaintojen katkaisukulma laskennassa	10–20 astetta	
Alkutunteuttomien ratkaisu vektorilaskennassa	Vain fix-ratkaisut hyväksytään	
Radat	Tarkat (satelliittien lähettämät kelpaavat, jos kaikki vektorit alle 10 km)	
Vektorilaskennassa käytettyjen koordinaattien likiarvojen poikkeama lopullisista enintään	10 m (likiarvon tarkkuudeksi riittää navigointiratkaisusta saatava koordinaattiarvo)	
Pisteiden enimmäislukumäärä silmukoiden sulkuvirheanalyysissä	4	6
Silmukan enimmäispituus sulkuvirheanalyysissä	40 km	30 km
Pistesulkuvirhe enintään	60 mm	75 mm
Suurin sallittu standardisoitu residuaali vapaan verkon tasoituksessa	2,8 (ks. liite 3)	
Suurin sallittu ero kahteen kertaan havaittujen vektoreiden osalta	70 mm (3D) 28 mm (taso), 56 mm (korkeus)	75 mm (3D) 30 mm (taso), 60 mm (korkeus)
Suurin sallittu ero kontrollipisteen (saman luokan piste) koordinaattien ja uuden määrittämisen välillä	25 mm (taso), 50 mm (korkeus)	33 mm (taso), 50 mm (korkeus)
Vapaan verkon (yksi piste lähtöpisteinä) ja kiinnitetyn verkon tasoitusten koordinaattiero	Alle 25 mm (maannousumallin käyttö voi auttaa)	
Maannousu huomioitava, jos verkon koko yli 200 km	Kyllä	

# Staattinen mittaus: E5 ja E6

Suunnittelussa	E5	E6
<b>Lähtöpisteiden valinta</b>		
Luokka, vähintään	E4	E5
Lukumäärä	Vähintään kolme	
Etäisyys mittausalueen rajalta	Enintään 100 km	
Sijainti	Mittausalueelta tai sen ulkopuolelta	
<b>Kontrollipisteiden valinta (mikäli mittausalueella on ko. luokan pisteitä)</b>		
Luokka, vähintään	E5	E6
Lukumäärä	Vähintään yksi piste / mittaalue	
Sijainti	Mittausalueelta tai korkeintaan 1 km:n etäisyydeltä mittausalueen reunoista	
<b>Verkon rakenne</b>		
Yhtä aikaa havaitsevien vastaanottimien lukumäärä määritettävillä kiintopisteillä	Vähintään 1	
Suosittelava pisteväli	100–500 m	
Vierekkäisten pisteiden välinen vektori mitattava suoraan	Kyllä, jos etäisyys alle 500 m ja suositeltavaa, jos pisteiden välillä näköyhteys.	
<b>Havaintojaksojen suunnittelu</b>		
Havaintojakson vähimmäispituus	Pisimmän sessioon kuuluvan vektorin etäisyyden perusteella, kuitenkin vähintään 30 min.	
PDOP	Enintään 5	
Satelliittien lukumäärä (75 % ajasta)	Vähintään 5	
Havaintopaikan laatu (esteisyys)	Mahdollisimman avoin korkeuskulman 15–20° yläpuolella. Vältettävä monitieheijastumista aiheuttavia olosuhteita.	
<b>Maastossa</b>		
Suosittelava havaintoväli	1,5,10,15 tai 30 s	
Antennin keskistys ja korkeuden mittaus	Keskistys ja korkeuden mittaus 1 mm:n tarkkuudella. Tasain ja luoti tarkistetaan säännöllisesti.	
Antennin korkeuden mittaus ja keskityksen tarkistus	Ennen ja jälkeen havaintojakson	
Poikkeama antennin korkeuden mittauksessa enintään	3 mm	
Korkeuskulmamaski havaittaessa (vastaanottimessa)	5 astetta	
<b>Jälkikäsitellyssä</b>		
Havaintojen katkaisukulma laskennassa	10–20 astetta	
Alkutuntemattomien ratkaisu vektorilaskennassa	Vain fix-ratkaisut hyväksytään	
Radat	Tarkat (satelliittien lähettämät kelpaavat, jos kaikki vektorit alle 10 km)	
Vektorilaskennassa käytettyjen koordinaattien likiarvojen poikkeama lopullisista enintään	10 m (likiarvon tarkkuudeksi riittää navigointiratkaisusta saatava koordinaattiarvo)	
Ero kontrollipisteiden koordinaatteihin komponentteittain	N,E: 40 mm h: 70 mm	
Vapaan verkon (yksi piste lähtöpisteenä) ja kiinnitetyn verkon tasoitusten koordinaattiero	Alle 25 mm (maannousumallin käyttö voi auttaa)	

# Reaaliaikainen mittaus: E5 ja E6

Suunnittelussa	E5	E6
<b>Lähtöpisteiden valinta</b>		
Maksimietäisyys tukiasemaan (koskee perinteistä RTK-mittausta sekä verkko-RTK:ta, jos mitataan verkon ulkopuolella)	10 km	15 km
Tukiasemat, vähintään luokkaa	E4	E5
<b>Kontrollipisteiden valinta (mikäli mittausalueella on ko. luokan pisteitä)</b>		
Kontrollipisteiden luokka, vähintään	E5	E6
Kontrollipisteiden lukumäärä	Vähintään yksi piste / mittausalue	
<b>Verkon rakenne</b>		
Suosittelava pisteväli	100–500 m (huomattava, että alle 500 m:n etäisyydellä toisistaan olevia pisteitä ei saa mitata reaaliaikaisella GNSS-mittauksella)	
Vierekkäisten pisteiden välinen vektori mitattava suoraan	Kyllä, jos etäisyys alle 500 m ja suositeltavaa, jos pisteiden välillä näköyhteys. Tällöin mittaus muulla kuin reaaliaikaisella GNSS-menetelmällä)	
<b>Maastossa</b>		
Tukiaseman pystytys	Jalusta ja pakkokeskistysalusta tai pilaripiste.	
Tukiaseman keskistystarkkuus	1 mm	
Liikkuvan yksikön pystytys	Jalusta ja pakkokeskistysalusta tai korkeintaan 2 m:n sauva statiivilla tuettuna.	
Liikkuvan yksikön keskistystarkkuus	5 mm	
Korkeuskulmamaski:		
- tukiasemalla	5–10 astetta	
- liikkuvassa yksikössä	10–15 astetta	
PDOP enintään	5	
Satelliittien lukumäärä vähintään	6	
Havaintoväli	1 s	1 s
Havaintoja / mittaus	5–15	5
Mittauksia / sarja	5	

Sarjojen lukumäärä	2	1
Omat alustukset jokaiseen mittaukseen	Kyllä	
Alustusaika korkeintaan	2 min	
Aika sarjojen välissä vähintään	45 min	-
Sarjan (erillisten alustusten) max-min ero enintään/komponentti	N,E: 20 mm h: 40 mm	
Sarjojen max-min ero komponenteittain	N,E: 40 mm h: 70 mm	-
Ero kontrollipisteiden koordinaatteihin komponenteittain	N,E: 40 mm , h: 70 mm	
Alkuperäisten koordinaattien (XYZ tai $\varphi, \lambda, h$ ) tallennus	Kyllä	
Sauvan antenninkorkeuden tarkistus ennen ja jälkeen mittauksen	Kyllä	
Testipisteen mittaus ennen ja jälkeen uusien pisteiden mittauksen	Kyllä	
<b>Jälkikäsitelyssä</b>		
Lopullisten koordinaattien laskenta	Sarjojen keskiarvo	Mittausten keskiarvo

# Yhteenveto ja aikataulu

## Yhteenveto

- Ajantasaiset ohjeet valmisteilla
- EUREF-FIN –kiintopisteiden luokitus, erityisesti pysyvät GNSS-asemat
- Mittausmenetelmät
- Mittausten suorittaminen ja kontrollointi

## Aikataulu

- JHS- suositusluonnos on ollut lausunnoilla loppukeväästä 2012
- Lausuntojen käsittely vielä kesken
- Hyväksymismenettely (JHS-jaosto/JUHTA)
- JHS- suositus valmis syksyllä 2012



# KIITOS MIELENKIINNOSTA!

LISÄTIETOJA/KOMMENTTEJA:

Marko Ollikainen

[marko.ollikainen@maanmittauslaitos.fi](mailto:marko.ollikainen@maanmittauslaitos.fi)

Markku Poutanen (JHS-työryhmän vetäjä)

[Markku.poutanen@fgi.fi](mailto:Markku.poutanen@fgi.fi)

Pasi Häkli

[Pasi.hakli@fgi.fi](mailto:Pasi.hakli@fgi.fi)

