

**RATAHALLINTOKESKUS**

**RHK**

Ratahallintokeskuksen  
julkaisuja

D 15

---

**GEODEETTISET MITTAUSTYÖT**

Helsinki 2003

Ratahallintokeskuksen  
julkaisu D 15

## **GEODEETTISET MITTAUSTYÖT**

Helsinki 2003

**RHK**  
RATAHALLINTOKESKUS  
KAIVOKATU 6, PL 185  
00101 HELSINKI

PUH. (09) 5840 5111  
FAX. (09) 5840 5140  
SÄHKÖPOSTI: [kun@rhk.fi](mailto:kun@rhk.fi)

ISBN 952-445-090-5  
ISSN 1456-1220

26.6.2003

## GEODEETTISET MITTAUSTYÖT

**Ratahallintokeskus on hyväksynyt Geodeettiset mittaustyöt -ohjeen.  
Voimassa 26.6.2003 lukien.**

Kunnossapitoyksikön päällikkö



Markku Nummelin

Ylitarkastaja



Harri Yli-Vilamo



## ESIPUHE

Geodeettiset mittaukset -ohje selventää ja yhtenäistää geodeettisiin maastomittauksiin liittyviä asioita Ratahallintokeskuksen töissä. Ohjeeseen liittyy erillinen liite *Maastomallin mittausohje*, jossa määritetään maastomallimittausten sekä raiteenkartoituksen formaatti ja koodaus. Ohjetta ja siihen liittyvää Maastomallin mittausohjetta sovelletaan Ratahallintokeskuksen tilaamiin töihin, joissa tehdään geodeettisia maastomittauksia.

Julkaisun toimitustyö on tehty Ratahallintokeskuksen ohjauksessa. Ohjauksesta on vastannut ylitarkastaja Harri Yli-Villamo. Toimitustyön on tehnyt VR-Rata Oy:n johdolla työryhmä, johon ovat kuuluneet:

Pasi Joensuu	Työn koordinointi, ratageometria, rakentamisen mittaukset, rakentamisen laadunvalvontamittaukset
Miikka Tast	Mittausperusta, maastomallin mittausohje
Kalevi Vikman	Mittausperusta, ratageometria
Petri Sirén	Sähköratalaitteet
Heidi Mäenpää	Kohdekoodit
Tauno Suominen	Kiinteistötiedot, pohjakartat, maastomallit, Ilmakuva-mosaiikit, rakentamisen mittaukset, rakentamisen laadunvalvontamittaukset
Timo Sääski	Mittausperusta, kiinteistötiedot, pohjakartat, ilmakuva-mosaiikit
Seppo Tötterström	Mittausperusta, ratageometria

Työssä ovat lisäksi avustaneet Tarmo Keski-Loppi, Kirsi Strandén, Seppo Sjöblom, Jussi Nousiainen ja Jussi Mäkikunnas.

Helsingissä, kesäkuussa 2003

Ratahallintokeskus  
Kunnossapitoyksikkö

## SISÄLTÖ

1	YLEISTÄ .....	4
1.1	Asiakirjan soveltaminen .....	4
1.2	Määritelmät .....	4
1.3	Mittauskalusto .....	5
1.3.1	Kaluston kalibrointi ja tarkistaminen .....	6
1.4	Mittaus suunnitelma .....	6
1.5	Laadunvarmistus .....	8
1.5.1	Laatutavoitteet .....	8
1.5.2	Laadunvarmistuksen menettelyt .....	8
1.5.3	Laadun dokumentointi .....	8
1.6	Tulokset ja niiden luovutus .....	8
1.7	Dokumentointi .....	9
2	MITTAUSPERUSTA .....	10
2.1	Yleistä .....	10
2.2	Koordinaattijärjestelmät ja hierarkkinen mittausverkko .....	11
2.2.1	Koordinaattijärjestelmät .....	11
2.2.2	Hierarkkinen mittausverkko .....	11
2.3	Tehtävät .....	13
2.3.1	Lähtötilanteen selvitys .....	13
2.3.2	Runkomittaus suunnitelma .....	13
2.3.3	Runkopisteiden rakentaminen .....	14
2.3.4	Mittaus .....	14
2.3.5	Laskenta ja analyysit .....	16
2.4	Laadunvarmistus .....	18
2.4.1	Laatutavoitteet .....	18
2.4.2	Laadunvarmistuksen menettelyt .....	18
2.4.3	Laadun dokumentointi .....	19
2.5	Tulokset .....	19
2.6	Dokumentointi .....	19
3	RAITEEN KARTOITUS (RATAGEOMETRIA) .....	20
3.1	Yleistä .....	20
3.2	Tehtävät .....	20
3.2.1	Mittaus suunnitelma .....	20
3.2.2	Mittaukset .....	20
3.2.3	Ratageometrian editointi .....	21
3.2.4	Ratageometrian tulostus .....	21
3.3	Laadunvarmistus .....	21
3.3.1	Laatutavoitteet .....	21
3.3.2	Laadunvarmistuksen menettelyt .....	22
3.3.3	Laadun dokumentointi .....	22
3.4	Tulokset .....	23
3.5	Dokumentointi .....	23
4	KIINTEISTÖTIEDOT .....	24
4.1	Yleistä .....	24
4.2	Tehtävät .....	24

4.2.1	Kiinteistöjaotus ja omistajatiedot .....	25
4.2.2	Rajamerkkien kartoitukset .....	25
4.2.3	Rajankäynnit tai rajaselvitykset .....	25
4.3	Laadunvarmistus.....	26
4.3.1	Laatutavoitteet.....	26
4.3.2	Laadunvarmistuksen menettelyt.....	26
4.3.3	Laadun dokumentointi .....	26
4.4	Tulokset .....	26
4.5	Dokumentointi .....	26
5	POHJAKARTAT .....	27
5.1	Yleistä.....	27
5.2	Tehtävät .....	28
5.2.1	Kartoitussuunnitelma .....	29
5.2.2	Mittaukset.....	29
5.2.3	Kartografinen viimeistely.....	30
5.2.4	Kartan tulostaminen .....	30
5.3	Laadunvarmistus.....	31
5.3.1	Laatutavoitteet.....	31
5.3.2	Laadunvarmistuksen menettelyt.....	31
5.3.3	Laadun dokumentointi .....	31
5.4	Tulokset .....	31
5.5	Dokumentointi .....	32
6	MAASTOMALLIT .....	33
6.1	Yleistä.....	33
6.2	Tehtävät .....	33
6.2.1	Mittaussuunnitelma.....	34
6.2.2	Mittaukset.....	35
6.2.3	Editointi.....	35
6.2.4	Tulostus .....	35
6.3	Laadunvarmistus.....	36
6.3.1	Laatutavoitteet.....	36
6.3.2	Laadunvarmistuksen menettelyt.....	36
6.3.3	Laadun dokumentointi .....	37
6.4	Tulokset .....	37
6.5	Dokumentointi .....	37
7	ORTOKUVAMOSAIKIT (ILMAKUVAMOSAIKIT) .....	38
7.1	Yleistä.....	38
7.2	Tehtävät.....	38
7.2.1	Kuvaussuunnitelma .....	38
7.2.2	Kuvaukset.....	39
7.2.3	Ortokuvamosaiikin muodostaminen .....	39
7.2.4	Mosaiikin tulostus .....	40
7.3	Laadunvarmistus.....	40
7.3.1	Laatutavoitteet.....	40
7.3.2	Laadunvarmistuksen menettelyt.....	41
7.3.3	Laadun dokumentointi .....	41
7.4	Tulokset .....	41
7.5	Dokumentointi .....	41



8	RAKENTAMISEN MAASTOONMERKINNÄT .....	43
8.1	Yleistä .....	43
8.2	Tehtävät .....	43
8.2.1	Lähtötietojen käsittely .....	43
8.2.2	Mittaussuunnitelma .....	44
8.2.3	Mittaukset .....	45
8.3	Laadunvarmistus .....	45
8.3.1	Laatutavoitteet .....	45
8.3.2	Laadunvarmistuksen menettelyt .....	46
8.3.3	Laadun dokumentointi .....	46
8.4	Tulokset .....	46
8.5	Dokumentointi .....	47
9	RAKENTAMISEN LAADUNVALVONTAMITTAUKSET .....	48
9.1	Yleistä .....	48
9.2	Tehtävät .....	48
9.2.1	Lähtötietojen käsittely .....	48
9.2.2	Mittaussuunnitelma .....	49
9.2.3	Mittaukset .....	49
9.3	Laadunvarmistus .....	49
9.3.1	Laatutavoitteet .....	49
9.3.2	Laadunvarmistuksen menettelyt .....	49
9.3.3	Laadun dokumentointi .....	50
9.4	Tulokset .....	50
9.5	Dokumentointi .....	50
	VIITTEET .....	51

## 1 YLEISTÄ

Tämän asiakirjan tarkoituksena on selventää geodeettisiin maastomittaus- töihin liittyviä asioita. Asiakirja ohjaa toimittajaa tilauksen mukaisen lop- putuloksen saavuttamiseen ja samalla toimii sekä tilaajan, että toimittajan yhteisen sopimuksen viiteaineistona.

Toimittajalla on näyttövelvollisuus työtuloksen tilauksenmukaisuudesta. Tämän vuoksi työnaikainen dokumentointi ja laadunvalvonta on toimit- tajan tehtävä. Tilaajalla on tämän lisäksi mahdollisuus suorittaa omaa laadunvalvontaa. Tästä on ilmoitettava toimittajalle etukäteen ja annettava hänelle mahdollisuus osallistua tähän.

*Tässä asiakirjassa on kursivoitu tekstiosuus tarkoitettu ohjaavaksi tekstiksi, jolla ei ole varsinaista määräysvoimaa.*

### 1.1 Asiakirjan soveltaminen

Tätä asiakirjaa sovelletaan kaikkiin Ratahallintokeskuksen tilaamiin töihin, joissa tehdään geodeettisia maastomittauksia.

Tämä ohje sijoittuu RAMOn alapuolelle muiden sitä selittävien ohjeiden rinnalle (esim. RMYTL /19/). Rinnakkaisten ohjeiden mahdolliset risti- riitaisuudet on ratkaistava tapauskohtaisesti ja otettava huomioon niitä uudistettaessa.

### 1.2 Määritelmät

Tilaajalla tässä asiakirjassa tarkoitetaan Ratahallintokeskusta (RHK).

Toimittaja on tässä asiakirjassa se taho, jolta työtä tilataan tai joka on tarjoamassa palveluitaan tilaajalle. Toimittaja voi siten olla tapauksesta riippuen joko suuri urakoitsija tai pieni konsultti.

RAMO (RAtatekniset Määräykset ja Ohjeet) on ohjekirja, jossa määritel- lään ratateknisten laitteiden suunnittelusta ja sijoittelusta rautatiealueella. Ohjeet sen tilaamiseksi löytyvät Ratahallintokeskuksen internetsivuilta osoitteesta <http://www.rhk.fi./1/2/>

Geodeettinen mittaustyö tarkoittaa niitä mittauksia, joita tehdään sitoen mittaukset johonkin koordinaatti- tai korkeusjärjestelmään (esim. valta- kunnallinen KartastoKoordinaattiJärjestelmä, kkj). Näitä mittauksia tehdään pääasiassa joko takymetrillä, GPS-kalustolla tai vaaituskojeella.

Takymetri ja vaaituskoje ovat maanmittarin työkaluja, joilla nykyaikaiset maastomittaukset suoritetaan. GPS-kalustolla tarkoitetaan puhekielessä kaikkea satelliitteja hyödyntäviä mittalaitteita. Tällä hetkellä käytössä on amerikkalainen GPS-järjestelmä (Global Positioning System) sekä venä-

läisten GLONASS-järjestelmä. Tulossa on eurooppalainen Galileo-järjestelmä, jonka on tarkoitus olla käytössä vuodesta 2008 alkaen.

Raide tarkoittaa ratakiskojen välissä kulkevaa ”keskiviivaa”. Radan korkeusviivalla tarkoitetaan viivaa, joka määrittelee raiteen korkeuden aluslevyn tai välilevyn alapinnan tasossa kiskon kulkureunan kohdalla ja kallistetuissa kaarteissa sisäkiskon kulkureunan kohdalta. Tarkempi määrittely raiteesta ja sen korkeusviivasta on luettavissa RAMOsta /1/.

Mittausperustalla tarkoitetaan radan varrella olevia taso- ja korkeuskiintopisteitä, joiden perusteella kaikki radalla olevat suurinta tarkkuusvaatimusta edellyttävät kohteet tulee mitata. Laajemmin määriteltynä mittausperusta on osa runkopisteistöä, jolla hankkeille muodostetaan koordinaatisto ja jolla se sidotaan myös valtakunnalliseen koordinaattijärjestelmään.

Tielaitoksen maastomalliformaatilla tarkoitetaan Tielaitoksen ohjeen ”Maastomallimittaukset” 1994 mukaista formaattia /3/.

Ortokuvamosaiikki on digitaalinen ilmakekuva, josta on poistettu kuvassa normaalisti olevat vääristymät, jotka aiheutuvat esimerkiksi kamerasta tai kuvan vinoudesta. Ortokuvamosaiikille on ominaista mittatarkkuus ja hyvä istuvuus alueelta olevan maastomallin tai pohjakartan kanssa.

Työmaapäiväkirjalla tarkoitetaan työn kuluessa päivittäin täytettävää asiakirjaa, josta selviää kaikki työsuoritukseen vaikuttaneet tekijät. Päiväkirja on allekirjoitettava päivittäin ja esitettävä tilaajalle aina pyydettyä. Laserkeilauksella tarkoitetaan maanpinnan yläpuolelta esimerkiksi lentokoneesta tai helikopterista laserilla tapahtuvaa keilausta, jolla selvitetään maanpinnan muodot. Tämä on sekä vaihtoehtoinen että myös täydentävä menetelmä perinteiselle ilmakekuvaukselle ja takymetrin/GPS:n käytölle maastomallin mittaamisessa.

Fotogrammetrisella mittauksella tarkoitetaan kameran käyttöä mittauksissa eli ilmakekuvauksessa.

Topologialla tarkoitetaan viivojen keskinäisiä suhteita digitaalisella kartalla.

### 1.3 Mittauskalusto

Mittaustyön suorittaja vastaa aina siitä, että työssä käytettävä menetelmä ja kalusto soveltuvat käytettävään työhön menetelmänä ja että myös tulokset ovat luotettavia. Kaluston kuntoa on seurattava vuosittain tehtävällä kalibroinnilla tai sitä vastaavalla tarkistuksella, josta on saatavissa kirjallinen dokumentti. Kaluston kunnosta on muulloinkin huolehdittava tarkoituksenmukaisella tavalla.



### 1.3.1 Kaluston kalibrointi ja tarkistaminen

Mittaustöissä saa käyttää vain tarkistettuja mittausvälineitä, jotka on todettu käytettävään tehtävään soveltuviksi. Tarkistuksella tarkoitetaan laitteiston maahantuojan laboratorioissa tekemää tarkistusta, jolla todetaan laitteiston tarkkuus suhteessa laitteelle uutena luvattuun tarkkuuteen ja säännöllisesti kentällä tehtävää seurantakalibrointia. Näiden lisäksi kojeelle tulee tehdä aika ajoin määrittyskalibrointi esimerkiksi TKK:n laboratorioissa.

Määrittyskalibroinnista ja maahantuojan tekemästä tarkistuksesta tulee olla kirjallinen dokumentti, josta selviää tarkistuksen suorituspäivä, suorittaja ja todetut virheet suhteessa kyseisen mittauslaitteen arvoihin uutena.

Kojeen kuntoa on seurattava normaaleissa käyttöolosuhteissa säännöllisesti tehtävillä seurantakalibroinneilla.

Tarvittaessa koko mittausjärjestelmä (mittausvälineet, varusteet, laskentaohjelmat ja mittaushenkilöstö) on kalibroitava, jotta sen soveltuvuus suoritettavaan mittaustyöhön voidaan varmistaa. Tällainen kalibrointi on suoritettava tunnetulla mittaradalla. Tätä on sovellettava lähinnä erityistä tarkkuutta vaativissa mittauksissa, kuten esimerkiksi laadunvalvontamittauksissa.

Testikentällä tehtävä mittausjärjestelmän kalibrointi tehdään käyttäen suunniteltua mittausmenetelmää ja normaalia mittausnopeutta. Tuloksena saadaan mittauksen poikkeamat, joita voidaan suoraan verrata sallittuihin mittauspoikkeamiin /4/. Ilmakuvauksissa käytettävästä kalustosta on huolehdittava tarkoituksenmukaisella tavalla ja kameroiden/keilaimien kalibrointi on tehtävä laitteiston valmistajan antamien ohjeiden mukaan. Näistä toimista on toimitettava todistus tilaajalle.

## 1.4 Mittaussuunnitelma

Mittauksen tulee aina perustua mittaussuunnitelmaan, joka on hyväksyttävä tilaajalla ennen työn aloitusta. Sen runkona ja tietosisällön perustana käytetään tässä kohdassa esitettyä mittaussuunnitelman runkoa. Tätä runkoa täydennetään niiltä osin kuin kunkin yksittäisen ohjeen osalta sanotaan mittaussuunnitelman sisällöstä. Mittaussuunnitelmassa esitetään asiat, joita on tarkemmin käsitelty seuraavassa.

Mittauksen tarkoitus on tultava ilmi suunnitelman alussa. Tällä tarkoitetaan sitä, että työn suorittaja merkitsee laatimaansa mittaussuunnitelmaan tilattua työtä määrittävät tekijät sekä tilausnumeron, jolla tilaaja voi kohdentaa laaditut dokumentit.

Mittausalueen rajauksella tarkoitetaan sitä, että suunnitelmaan on dokumentoitava tilauksessa määritelty alueellinen ja tekninen rajaus. Alue-rajauksella käsitetään puhtaasti maantieteellistä rajausta, joka raidetta

kartoitettaessa tarkoittaa yleensä kartoitusalueen alku- ja loppukilometrejä (rajaus annetaan esim. muodossa km 186+800–187+500). Teknisellä rajauksella tarkoitetaan niitä määrittelyjä, joilla kerrotaan, mitä kohteita kartoitetaan, mitkä ovat niille annetut tarkkuusvaatimukset ja mistä fyysisistä kohdista ne kartoitetaan. Kartoitettavat kohteet on määriteltävä mahdollisimman tarkasti, jotta tilaaja voi varmistua siitä, että työn tekijä on ymmärtänyt tilauksen siten kuin se on tarkoitettu. Kartoitettavat erityiskohteet on määriteltävä erikseen jo tilausvaiheessa. Ne on mainittava mittaussuunnitelmassa erikseen siten kuin muukin aluerajaus.

Mittauksen suorittajat ja käytettävä kalusto sekä ohjelmistot on merkittävä aina suunnitelmaan. Tämä siksi, että työn tekijät ovat tiedossa myöhemmin mahdollisesti ilmeneviä tarpeita varten. Kalustosta liitetään suunnitelmaan viimeisin kalibrintitodistus tai kaluston maahantuojaan kirjallinen selvitys laitteen tarkistuksesta ja sen tarkistetusta tarkkuudesta. Todistus ei saa olla yli vuoden vanha. Todistuksen lisäksi suunnitelmassa kerrotaan, miten laitteiston tarkkuutta seurataan työmaolosuhteissa. Mittauskaluston tulee soveltua tilattuun työhön ja sen kunnosta on huolehdittava jatkuvasti.

Käytettävät koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät on kirjattava suunnitelmaan. Lisäksi on huomioitava mahdolliset koordinaatiston muunnokset ja sovittava esimerkiksi kaistan ja koordinaattijärjestelmien vaihdon toteutus.

*Työn tilaaja luovuttaa työn suorittajalle käyttökelpoiset lähtöpisteet tai osoittaa paikan, mistä ne voidaan hankkia. Mittaussuunnitelmaan voidaan liittää listaus käytettävistä pisteistä, mikäli se on tarkoitustaan vastaava.*

Suunnitelmassa on oltava alustava aikataulu työn suorittamiselle sekä aikatauluun mahdollisesti vaikuttavat tekijät ja niiden vaikutus.

Mittaussuunnitelmassa on esitettävä riittävällä tarkkuudella työn suoritukseen liittyvät asiat ja järjestykset sekä käytettävät oman työn varmistusmenetelmät. Menetelmän on oltava tarkoitukseensa soveltuva ja yleisesti käytössä oleva. Mikäli aiotaan käyttää uutta, yleisesti dokumentoimatonta menetelmää, sen soveltuvuus käyttötarkoitukseen pitää osoittaa. Mittaussuunnitelman on oltava niin yksityiskohtainen, että sen perusteella voidaan todeta menetelmän soveltuvuus ja mahdollisuus saavuttaa tavoitteena oleva laatutaso. Kartoitusaineiston tarkastusprosessi on kuvattava riittävän selkeästi. Suunnitelman lopussa on oltava kuvaus työn luovutuksesta ja dokumentoinnista.

Tilaaja voi tapauskohtaisesti poiketa tästä rungosta ja edellyttää mittaussuunnitelmasta esitettäväksi myös muita asioita.



## 1.5 Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksella pyritään turvaamaan tilauksen toimittaminen ennalta sovitulla tavalla. Varmistus toimii myös toimittajan edun mukaisesti osoittaen, että toimitus on tilauksen mukainen.

Tilaaajan laatima projektisuunnitelma on tärkein työtä ohjaava asiakirja ja siitä voidaan poiketa vain erikseen sovitulla tavalla.

Mittaussuunnitelma laaditaan kohdan 1.4 määrittelemän rungon, kunkin osion määrittelemien tarkennusten, projektisuunnitelman ja tilauksen sekä tarjouspyyntöasiakirjojen mukaiseksi. Tämän jälkeen mittaussuunnitelma on se asiakirja, johon työsuoritusta verrataan.

Työn valmistuttua toimittaja laatii tehdystä työstä raportin, jossa todetaan työn toteutus suhteessa tehtyyn suunnitelmaan. Raporttiin liitetään selvitys työn tuloksista.

Tilaaajalla on oikeus tarkistaa luovutettu aineisto ennen laskun viimeisen erän maksamista. Tästä on tiedotettava toimittajaa ja varattava tälle oikeus osallistua tarkistamiseen.

### 1.5.1 Laadutavoitteet

Laadutavoitteet ovat työn tilauksessa tai tarjouspyynnössä määritellyt vaatimukset. Näihin tilaaja vertaa työtulosta.

### 1.5.2 Laadunvarmistuksen menettelyt

Tärkeä osa laadunvarmistuksen menettelyä on työnaikainen raportointi, josta on sovittava tilaaajan ja toimittajan kesken ennen työn aloittamista. Raportoinnista sovitaan menettelytapa ja raportoitavat asiat sekä raportoinnin tiheys.

### 1.5.3 Laadun dokumentointi

Laadunvarmistuksen dokumentteja, joista kootaan työn loppuraportti, ovat:

- mittaussuunnitelma
- mittauksen lähtötiedot
- työmaapäiväkirja
- työn aikaiset raportit
- oman työn tarkistuksen dokumentit.

## 1.6 Tulokset ja niiden luovutus

Tulokset on luovutettava tilaajalle tai tämän edustajalle kahtena sarjana sekä paperilla että sähköisessä muodossa. Aineiston luovutuksen on oltava tarkoituksenmukainen eli esimerkiksi GPS-tasoituksesta saatavaa mate-

riaalia tulostetaan sellainen määrä, jolla voidaan todentaa mittauksen ja laskennan luotettavuus. Sähköisessä muodossa luovutettaessa aineisto toimitetaan cd-levylle poltettuna ja tilauksessa määritellyissä formaateissa. Luovutettavan mittausaineiston tulee olla ascii-muotoista ja Tielaitoksen maastomalliformaatissa, jossa koordinaatit ilmoitetaan kaikilla seitsemällä (7) merkitsevällä numerolla, mikäli ne on määritelty käytettävässä koordinaattijärjestelmässä. Tarkempi määrittely on kappaleessa 1.2 Määritelmät. Paikallisissa järjestelmissä käytetään kaikkia numeroita. /1/

Tilajalle luovutetaan kontrollimittauksista listaus, jossa on esitetty rakenteen olemassa olevan ja teoreettisen aseman suhde.

Työn loputtua tilajalle luovutetaan loppuraportti, johon liitetään seuraava aineisto:

- suunnitelma työn toteutuksesta (mittaus-, kuvaus- tms. suunnitelma)
- työn toteutuksen lähtötiedot
- työmaapäiväkirjat
- työn aikana tuotettu aineisto
- työn tuloksena laadittu aineisto
- oman työn tarkistuksen dokumentit
- työnaikainen raportointi ja kirjeenvaihto tilaajan kanssa
- muu tuotettu aineisto.

## 1.7 Dokumentointi

Tilaja edellyttää, että kaikista mittaustöistä pidetään päiväkirjaa, johon kirjataan työn suorittajat, mittausajankohta, vallitseva säätila ja käytetty kalusto sekä luotu mittaus tai muu tiedosto. Tämän lisäksi on työn aikana dokumentoitava kaikki normaalista poikkeavat tapahtumat tai olosuhteet, jotka voivat vaikuttaa tulosten luotettavuuteen tai joilla on edes mahdollisuus vaikuttaa niihin. Tällöin kirjataan esimerkiksi mittauslaitteen kaatuminen tai muu vahingoittuminen, mittaustyötä haittaava lämpöväreily tai muu vastaava seikka. Päiväkirja on allekirjoitettava ja se liitetään työn loppuraporttiin.

## 2 MITTAUSPERUSTA

### 2.1 Yleistä

Mittausperusta on keskeinen osa ratahankkeen mittaustietoa. Mittausperustalla tarkoitetaan radan varrella olevia taso- ja korkeuskiintopisteitä, joiden perusteella kaikki radalla olevat suurinta tarkkuusvaatimusta edellyttävät kohteet tulee mitata. Laajemmin määriteltynä mittausperusta on osa runkopisteistöä, jolla hankkeille muodostetaan koordinaatisto ja jolla se sidotaan myös valtakunnalliseen koordinaattijärjestelmään.

Raiteen aseman tarkkuusvaatimukset ovat koko lopullisen mittausperustan tarkkuustarkastelun lähtökohtana. Raiteen mittaukseen soveltuva mittausperusta soveltuu kaikkien muiden yksityiskohtien mittauksiin. /1/

Yleisperiaatteita:

- Mittausperustan luokitus: peruspisteet, ylemmät käyttöpisteet, alemmat käyttöpisteet.
- Runkopisteillä tarkoitetaan sekä taso- että korkeuskiintopisteitä, jotka peruspisteistön ja ylempään käyttöpisteistön osalta ovat fyysisesti eri pisteitä ja alemman käyttöpisteistön osalta osittain samoja pisteitä.
- Jako mittausmenetelmiin: tasokoordinaattien osalta peruspisteistön ja ylempään käyttöpisteistön mittaus tyypillisesti GPS:llä, alempi käyttöpisteistö takymetrillä, korkeudessa ylempi käyttöpisteistö tarkkuusvaatimusten mukaisesti kevennetyllä tarkkavaaituksella tai jono-vaaituksella ja alempi käyttöpisteistö jono-vaaituksella.
- Mittausperustan muodostuminen: Mittausperusta muodostuu lopulliseen muotoon rakentamissuunnittelun ja radan rakentamisen aikana. Yleissuunnitteluvaiheessa tehdään runkopisteistöä tarvittaessa mm. pohjatutkimusten ja kartoitusten käyttöön. Pisteet mitataan niin, että ne tarkkuutensa puolesta soveltuvat käytettäväksi myös rakennussuunnittelun aikana. Perusparannuksen yhteydessä mittausperustan muodostaminen tarkoittaa olemassa olevan mittausperustan täydentämistä tai koko mittausperustan uudistamista.
- Uuden runkopisteverkon muodostamisessa on pyrittävä hyvään absoluuttiseen tarkkuuteen, hierarkkiseen rakenteeseen ja homogeenisuuteen. Runkoverkon uudistaminen tulee tarpeelliseksi, jos vanha runkopisteistö on pääosin kadonnut tai epätarkka tai jos siirrytään uuteen koordinaattijärjestelmään. Olemassa olevaa mittausperustaa täydennettäessä liittyminen olemassa olevaan runkopisteistöön on ratkaistava tapauskohtaisesti. Poikkeustapauksissa otetaan harkinnan mukaan vanhan mittausperustan runkopisteitä ”pakkopisteiksi” pisteiden hierarkkisuuudesta poiketen, tällöin merkitsevänä tekijänä on hyvä pisteiden suhteellinen tarkkuus. ”Pakkopisteet” voivat tulla kyseeseen



suppeissa hankkeissa esimerkiksi jos uuden sijaintitiedon hankkiminen tulisi muutoin huomattavan kalliiksi.

- Runkopisteistön mittauksessa ja laskennassa on aina varmistuttava siitä, että toimitaan hankkeen/radan mittausperustan koordinaattijärjestelmässä riittävällä tarkkuudella. Pisteistöä tasoittaessa on myös pyrittävä siihen, että lähtöpisteet ovat samasta alkuperäisestä tasoitusryhmästä, jolloin estetään eri tasoituksista mahdollisesti aiheutuva ristiriita.

## 2.2 Koordinaattijärjestelmät ja hierarkkinen mittausverkko

### 2.2.1 Koordinaattijärjestelmät

Alueellisesti laajimmin käytettävä tasokoordinaattijärjestelmä ratateknisissä mittauksissa on valtakunnallinen kartastokoordinaattijärjestelmä (kkj). Muita käytettäviä koordinaattijärjestelmiä ovat vanha valtion järjestelmä (vvj) ja kaupunkien/kuntien paikalliset koordinaattijärjestelmät. Tasokoordinaattijärjestelmänä voidaan jatkossa käyttää myös Euref-fin-tasokoordinaattijärjestelmää (Gauss-Kruger-karttaprojektiolla).

Korkeusjärjestelmänä käytetään pääsääntöisesti valtakunnallista N60-järjestelmää. Poikkeustapauksissa voidaan käyttää myös N43-, NN- tai jotain kaupungin/kunnan käyttämää paikallista korkeusjärjestelmää. Jatkossa on mahdollista käyttää myös tulevaa 3. tarkkavaaituksen tuloksesta syntyvää valtakunnallista korkeusjärjestelmää.

Jos käytettävä tasokoordinaatisto on muu kuin kkj, mittausperustan rakentamisen yhteydessä on määritettävä paikalliset muunnoskertoimet kkj:n ja paikallisen järjestelmän välille, näitä muunnoskertoimia käytetään kuitenkin ainoastaan karttatuotteiden muuntamiseen koordinaattijärjestelmien välillä.

Ratamittauksissa on tyypillistä, että samalla rataosuudella voi olla käytössä useampia taso- ja korkeusjärjestelmiä. Koordinaattijärjestelmien vaihtuminen on toteutettava rata- ja mittausteknisesti edullisimmassa kohtaa eli lähimmällä koordinaatiston vaihtumista olevalla suoralla rataosuudella /1/. Muuttamisesta on erikseen sovittava yhdessä tilaajan kanssa.

### 2.2.2 Hierarkkinen mittausverkko

RHK:lle tuotettavat kartat ja mittauspalvelut tulee perustaa rata-alueella ja sen lähistöllä oleviin runkopisteisiin, mittausperustaan. Hierarkkisen tasorunkoverkon pääluokan muodostavat peruspisteinä valtakunnalliset kolmiopisteet (I–III-luokka) tai paikallisten järjestelmien pääluokan kolmiopisteet. Mittausverkko on pyrittävä sitomaan valtakunnalliseen Euref-fin-satelliittijärjestelmään joko sisällyttämällä mittaukseen Euref-fin-peruspisteitä tai sitomalla verkko Geodeettisen laitoksen FinnRef-

havaintoverkon pisteisiin tai muuhun dokumentoituun tukiasemaverkkoon (esim. VRS-verkko, Virtual Reference Station), joilla on tarkat Euref-fin-koordinaatit. Korkeusverkon peruspisteistön muodostaa Geodeettisen laitoksen 1. ja 2. luokan tarkkavaaitusverkko sekä valtakunnallinen 3. luokan ja paikallisen korkeusjärjestelmän pääluokan korkeuskiintopisteet.

Staattisella GPS-mittauksella tuotetaan tyypillisesti tasokäyttöpisteistön ylempi luokka (vastaa 4. luokan pisteitä). Lähtöpisteinä käytetään kolmio-luokan peruspisteitä. Korkeusjärjestelmän osalta ylempään käyttöpisteistön (vastaa 4. luokan pisteitä) muodostavat kevennetyllä tarkkavaaitusmenetelmällä tai jonovaaituksella määritetyt korkeuspistejonot. Tasokäyttöpisteistön ylempään luokan lähtöpisteitä käyttäen rata-alueelle mitataan käyttöpisteistön alempi luokka (vastaa 5. luokan pisteitä) joko takymetri-mittauksena tai kevennettynä GPS-mittauksena (lyhyempi havaintoaika kuin ylempään luokan pisteillä). Korkeuden osalta alempi käyttöpisteistö (5. luokka) mitataan tyypillisesti jonovaaituksena. Trigonometristä korkeuden mittausta ja GPS-määrittelyllä saatuja korkeuksia ei hyväksytä mittausperustan korkeuskiintopistekorkeuksiksi, mutta näitä korkeuksia voidaan käyttää kartoituksen ja maastoonmerkinnän lähtöpisteinä, jos mittaus suljetaan korkeuskiintopisteeseen ja sulkuvirheet ovat kartoitus- ja merkintämittauksen tarkkuusvaatimusten mukaiset.

Korjattaessa tai täydennettäessä olemassa olevaa mittausperustaa suppeissa hankkeissa voidaan poikkeuksellisesti pisteiden hierarkkisuu-desta poiketen käyttää mittauksen lähtöpisteinä kertaalleen saman luokan käyttöpisteitä. Näin vältetään koko tuhoutuneet pisteet sisältävän jonon alueelta raiteen ja mahdollisesti muiden yksityiskohtien kartoitus ja laskenta. Uudet, näin rakennetut pisteet eivät ole kuitenkaan enää lähtöpisteiden luokassa vaan yhtä luokkaa heikompia. Esim. 5. luokan lähtöpisteistä saadaan epävirallisia 6. luokan pisteitä. Kertaalleen saman luokan lähtöpisteistä mitattuja kiintopisteitä ei saa kuitenkaan jatkossa käyttää jonomittauksen lähtöpisteinä.

Alemman luokan käyttöpisteistön osalta taso- ja korkeuskiintopisteet voivat olla osittain samoja eli yhdistettyjä taso- ja korkeuskiintopisteitä. Tasokiintopisteiden luokittaminen myös korkeuskiintopisteeksi edellyttää, että korkeuskiintopisteelle asetetut vaatimukset täyttyvät (rakenne, mit-taustapa ja tarkkuus). Vastaavasti korkeuskiintopisteiden luokittaminen tasokiintopisteeksi edellyttää tasokiintopisteelle asetettujen mittaustavan ja tarkkuusvaatimusten täyttymistä.

Fotogrammetriset tukipisteet (taso- ja korkeuskoordinaatit) mitataan vas-taavilla menetelmillä kuin runkopisteistö. GPS-menetelmissä voidaan käyttää myös luotettavaa RTK-menetelmää tai tukiasemaverkkoon perustuvaa VRS RTK-menetelmää.



## 2.3 Tehtävät

Radan rakentamisessa on tyypillistä, että mittausperusta muodostuu vaiheittain ja pisteistöä joudutaan täydentämään suunnittelu- ja rakentamishankkeen aikana ja vielä radan valmistuttuakin etenkin alemman käyttöpisteistön osalta. Tärkeää on pitää kiinni pisteiden hierarkkisuudesta ja samoista peruspisteistä, jotta eri työvaiheissa pysytään samassa koordinaatistossa riittävällä tarkkuudella.

Mittausperusta muodostetaan runkomittauksella, joka sisältää seuraavat työvaiheet dokumentointineen:

- lähtötilanteen selvitys
- runkomittaussuunnitelma
- runkopisteiden rakentaminen
- mittaus
- laskenta ja analyysit.

### 2.3.1 Lähtötilanteen selvitys

Ennen runkomittauksia on selvitettävä käytettävä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä, mittauksen lähtöpisteet ja mahdollisesti olemassa oleva runkopisteistö sekä uusien runkopisteiden käyttötarkoitus. Lähtötilanteessa pitää olla selvä käsitys myös siitä, onko kyseessä olemassa olevan runkoverkon täydentäminen vai runkoverkon uudistaminen.

*Koordinaattijärjestelmän valintaan vaikuttavat alueella käytössä olevat koordinaattijärjestelmät sekä mahdollisissa aiemmissa suunnitteluvaiheissa käytetty järjestelmä.*

Tarvittavat koordinaattimuunnokset radan koordinaattijärjestelmän ja mahdollisesti alueella olevien muiden järjestelmien välillä on suunniteltava lähtötilanteessa ja kirjattava mittaussuunnitelmaan.

Lähtöpisteiden valinnassa on huomioitava mittausverkon hierarkkisuus: peruspisteistö, ylempi ja alempi käyttöpisteistö. Lähtöpisteinä voidaan käyttää kaikkia peruspisteluokkia 1–3, josta tihennetään ylempi käyttöpisteistö ja siitä edelleen alempi käyttöpisteistö.

### 2.3.2 Runkomittaussuunnitelma

Laatutavoitteiden pohjalta tehdään runkomittaussuunnitelma. Riittävän yksityiskohtaisen mittaussuunnitelman tekeminen varmistaa luotettavan ja riittävän tarkan lopputuloksen. Runkomittaussuunnitelmassa on kootusti esitetty olennaiset runkopisteistön laatuun vaikuttavat tekijät. Tilaaja tarkastaa ja hyväksyy runkomittaussuunnitelman ennen työn aloitusta. Suunnitelman toteuttamista seurataan työmaapäiväkirjojen ja mahdollisten laatu- ja poikkeamaraporttien avulla.

Runkomittaussuunnitelma esitetään sopivan mittakaavaisella pohjakartalla (1:50 000–1:10 000). Suunnitelmasta tulee selvittää mittauksen lähtöpisteet, uusien pisteiden sijainti ja käyttötarkoitus sekä mittausmenetelmä ja mittausten suoritus.

Jos hankkeeseen liittyy koordinaatistojen välisiä koordinaattimuunnoksia, muunnosten hallitsemiseksi tarvittavat mittaukset on huomioitava runkomittaussuunnitelmassa. Suunnitelmasta pitää tällöin selvittää käytettävät muunnospisteet ja niiden liittäminen hankkeen runkomittaukseen. Koordinaatiston muutokset on aina hyväksyttävä tilaajalla ennen muunnosten suorittamista.

Runkomittauksessa käytettävä mittausmenetelmä, mittauskalusto ja mittaushavaintojen määrä tulee suunnitella niin, että runkopisteiden käyttötarkoituksen mukainen tarkkuusvaatimus on mahdollista toteuttaa. Käytettäväksi suunnitellut uudet mittausmenetelmät, joista ei löydy dokumentoitua tarkkuustietoa, täytyy järjestelmäkälibroida.

Runkomittaussuunnitelmassa määritetään myös käytettävä laskentamenetelmä ja laskentaohjelmisto, joilla saavutetaan mittausperustan vaatimusten mukainen tarkkuus. Laskentaohjelmasta on voitava tulostaa riittävät dokumentit saavutetun tarkkuuden arvioimiseksi.

### 2.3.3 Runkopisteiden rakentaminen

Pisteiden rakentamisessa kiinnitetään erityistä huomiota pisteiden käyttötarkoituksen edellyttämään pysyvyyteen sekä pisteillä vaadittaviin näkyvyyksiin (keskinäinen näkyvyys ja nk. GPS-näkyvyys). Pisteiden sijoittelussa on otettava huomioon myös pisteiden liikkumattomuus ja käytettävyyys.

Runkopisteiden rakentamisessa ja merkitsemisessä sovelletaan RAMOn vaatimuksia. Korkeuskiintopisteet rakennetaan aina kallioon tai muuhun vastaavaan liikkumattomaan kohteeseen. /1/

### 2.3.4 Mittaus

#### Satelliittimittaus (GPS)

*Satelliittimittauksessa käytetään kantoaallon vaiheeseen perustuvaa relatiivista menetelmää. Vastaanottimen ja vaihevaihtojen käsittelyohjelman on oltava geodeettisiin mittauksiin soveltuva. Suositeltavaa on käyttää kaksitaajuusvastaanottimia.*

Satelliittimittauksella voidaan määrittää kaikki tasopisteluoikat. Peruspisteet ja ylemmät käyttöpisteet mitataan staattisella mittausmoodilla. Alempi käyttöpisteistö voidaan mitata myös pikastaattisena mittauksena lyhemmällä havaintoajalla.



*Suosittelavat mittausjakson minimihavaintoajat ja vaikehavaintojen tallennusvälit kaksitaajuusvastaanottimille ovat seuraavat:*

	<i>Minimi- hav.aika</i>	<i>tallennusväli</i>
<i>Peruskiintopisteet</i>	<i>45-90 min</i>	<i>5, 10, 15 sekuntia</i>
<i>Ylempi käyttöpisteistö</i>	<i>30-60 min</i>	<i>5, 10 sekuntia</i>
<i>Alempi käyttöpisteistö</i>	<i>20-45 min</i>	<i>5 sekuntia</i>

*Mittausjakson pituuteen vaikuttavat mm. nk. GPS-olosuhteet (kuten satelliittien lukumäärä ja geometria, katveet, ilmakehän aktiivisuus ja monitieheijastus) ja vektorin pituus. Satelliittigeometrian on oltava mittausjakson aikana riittävän hyvä tavoiteltavan tarkkuus- ja luotettavuustason saavuttamiseksi.*

GPS-mittausjaksoille on laadittava aikataulullinen havaintosuunnitelma, joka liitetään mittausraporttiin. Kaikkien mittausjaksojen tiedot on kirjattava havaintolomakkeelle ja liitettävä myös mittausraporttiin.

Satelliittimittauksissa käytetään vähintään neljää tunnettua lähtöpistettä, jotka sulkevat verkon alueen sisäänsä. Mittausverkko muodostuu sulkeutuvista kuvioista, jossa jokaisessa kuviossa on vähintään kahdessa eri mittausjaksossa havaittuja vektoreita. Verkossa ei saa olla yhden vektorin piikkipisteitä. Verkon geometrisena vaatimuksena sulkeutuvissa kuvioissa on peruspisteillä sivuja enintään 5, ylemmän ja alemman luokan käyttöpisteillä kuviossa sivuja enintään 7.

*Satelliittimittauksella saadaan tarvittaessa myös ortometrinen korkeus (H) joko tunnetun geoidimallin (esim. FIN2000) avulla tai suppealla alueella (halkaisija < 20 km) tarkemmin määrittämällä tunnettujen korkeuskiintopisteiden (vähintään 5–6) avulla paikallinen geoidimalli (korkeusmuunnos). Korkeustarkkuus satelliittimittauksella on tyypillisesti senttimetriluokkaa, eikä GPS:llä määritettyä korkeutta hyväksytä mittausperustan viralliseksi korkeuskiintopisteeksi.*

### **Jonomittaus**

Jonomittauksella voidaan määrittää ylemmän ja alemman luokan tasokäyttöpisteitä.

Lähtöpisteinä käytetään tyypillisesti satelliittimittauksella tuotettuja peruspisteitä tai ylemmän luokan käyttöpisteitä.

*Mittaus perustuu kulma- ja etäisyyshavaintoihin. Pääsääntöisesti jonomittaus on tarkoitettu tasokoordinaattien mittaamiseen, mutta oikein tehtynä sillä voidaan määrittää myös pisteiden korkeuskoordinaatteja. Trigonometristä korkeudenmittausta ei kuitenkaan hyväksytä viralliseksi mittausperustan korkeuskiintopisteeksi.*



Jonomittauksessa käytetään vähintään kahta lähtöpistettä, joiden väliin uusien pisteiden muodostama jono kulkee mahdollisimman suoraviivaisesti. Sivupituuksien tulee olla mahdollisimman samantuisia. Jonot on pääsääntöisesti suljettava myös kulmasulkua käyttäen (esim. pisteparit GPS-mittauksissa). Myös solmupistejonot ovat sallittuja, jolloin kulmasulkua ei tarvita jokaisella lähtöpisteellä.

Mittauskojeiden tarkkuusvaatimus tämän ohjeen kohdan 1.3 mukaan ja havaintojen suoritus soveltuvin osin Numeerisen kartoituksen maastomittausohjeet, 1991 kohdan 1.5 mukaisesti /5/.

### **Vaaitukset**

Tarkkavaaituksella mitataan tyypillisesti 1. ja 2. luokan peruskorkeuskiintopisteet ja kevennetyllä tarkkavaaituksella peruskorkeuskiintopisteiden 3. luokka. Ylempi käyttöpisteistö vaaitaan kevennettynä tarkkavaaituksena tai jonovaaituksena ja alempi käyttöpisteistö jonovaaituksena.

*Tarkkavaaituksia tehdään manuaalisella tai elektronisella tarkkavaaituskojeella ja invarlatoilla. Jonovaaitusta voidaan tehdä tasainvaaituskojeella tai itse tasaavalla vaaituskojeella ja puulatoilla.*

Vaaituslinjat on suunniteltava tunnettujen pisteiden väliin ja niiden pitää muodostaa sulkeutuvia renkaita. Lähtöpisteinä tulee käyttää vähintään kahta tunnettua pistettä (korkeuspistettä). Mikäli käyttöpisteistön osalta erityisistä syistä vaaitusta ei voida suorittaa suljettuina lenkkeinä, se on kuitenkin tehtävä edestakaisin.

Tarkkavaaituksessa eteen- ja taaksepäin tähtäysten tulee olla metrilleen yhtä pitkiä, jonovaaituksissa ero ei saa ylittää 20 metriä. Tarkkavaaituksessa pisin sallittu tähtäysetäisyys on 60 metriä, jonovaaituksessa 100 metriä.

#### **2.3.5 Laskenta ja analyysit**

Runkomittauksen laskenta tehdään runkomittaus suunnitelmassa määritetyllä menetelmällä ja ohjelmistolla. Ohjelmiston ja sen käyttämien algoritmien on oltava teoreettisesti oikein ja yleisesti tunnettu ja hyväksytty. Ohjelmistossa on oltava riittävät analyysit karkeiden virheiden ehkäisemiseksi.

Mittaushavainnoista lasketaan hajonnat mittauksen tarkkuuden arvioimiseksi. Mittauksen sisäistä tarkkuutta kontrolloidaan mittauksen sulkuvirheiden avulla. Runkomittauksen ulkoinen tarkkuus eli liittyminen lähtöpisteisiin määritetään sulkuvirheiden ja jäännösvirheiden avulla.

Ratamittauksissa voi olla käytössä useampia taso- ja korkeusjärjestelmiä ja koordinaattijärjestelmien vaihtuminen on toteutettava rata- ja mittaus-

teknisesti edullisimmassa kohtaa eli lähimmällä koordinaatiston vaihtumista olevalla suoralla rataosuudella. Laskennan lähtökohta on se, ettei mittausten ja koordinaattijärjestelmän vaihtumisen takia raidetta tarvitse siirtää.

### **Satelliittimittaus**

Satelliittimittauksen laskenta ja analysointi koostuu vektorilaskennasta, sulkeutuvien kuvioiden sulkuvirhetarkastelusta, toistomitattujen vektoreiden analyysistä, verkkotasoituksesta ja muunnoksesta hankkeen koordinaattijärjestelmään. Laskennan eri vaiheissa kontrolloidaan mittauksen tarkkuutta ja luotettavuutta.

Verkkotasoitusta tehdään virheyhtälötasoitukseksi WGS84- tai Euref-fin-koordinaattijärjestelmässä joko vapaana verkkona tai kiinteiden pisteiden avulla. Suositeltavaa on tehdä tasointi kiinnitettynä Euref-fin-järjestelmässä, jolloin uudet pisteet saadaan myös Euref-fin-järjestelmään. Tasoituksen onnistumista kuvaavat vektoreiden jäännösvirheet ja jäännösvirheiden tilastollinen analyysi, joka varoittaa mahdollisista karkeista virheistä.

Lopullisessa koordinaattimuunnoksessa (2D, 2D+1D tai 3D) runkoverkko sovitetaan lähtöpisteisiin, joiden tasokoordinaatit ovat hankkeen koordinaattijärjestelmässä. Muunnoksen jäännösvirheet kuvaavat vektoriverkon ja lähtöpisteiden yhteensopivuutta. Jäännösvirheet tasoitetaan pisteverkkoon, jotta saadaan mahdollisimman hyvä yhteensopivuus lähtöpisteisiin.

### **Jonomittaus**

Monikulmiojonojen muodostamat verkot lasketaan virheyhtälötasoitukseksi. Yksittäisiä jonoja voidaan tasointa myös jonotasoitukseksi. Karkeat virheet tulee eliminoida ennen lopullista tasointia. Tasoituksen tarkkuutta arvioidaan koordinaattisulkuvirheen ja pistesulkuvirheen avulla.

### **Vaaitukset**

Vaaitusverkko tasointa solmupistetasoitukseksi tai virheyhtälötasoitukseksi. Yksittäisen vaaituslinjan voi tasointa jonotasoitukseksi. Tasoituksen tarkkuutta arvioidaan korkeussulkuvirheen avulla.

Yksityiskohtaisemmin satelliittimittauksen, jonomittauksen ja vaaituksen suorittamisessa ja laskennassa käytetään "Kaavoitusmittausohjeen" (2002) ja "Numeerisen kartoituksen maastomittausohjeen" (1991) vaatimuksia soveltuvin osin /5/, /6/.

## 2.4 Laadunvarmistus

### 2.4.1 Laatusuhteet

Mittausperustan laadunvarmistus perustuu lähtötilanteen, runkopisteistön käyttötarkoituksen ja tarkkuusvaatimusten määrittämiseen. Käyttötarkoituksen mukaan määräytyvät myös pisteistön pysyvyyksivaatimukset.

Kiintopisteiden tarkkuusvaatimukset /5/:

Mittausten tarkkuutta arvioidaan suhteellisena tarkkuutena, joka tarkoittaa pistevirheen suhdetta pisteiden väliseen etäisyyteen.

Tasotarkkuus:

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| 1. Peruskiintopisteet   | 1. luokka < 2 ppm                                   |
|                         | 2. luokka < 10 ppm                                  |
|                         | 3. luokka < 20 ppm                                  |
| 2. Käyttöpisteet ylempi | 4. luokka < 30 ppm                                  |
| 3. Käyttöpisteet alempi | 5. luokka < 50 ppm (15 mm, kun sivunpituus < 300 m) |

Korkeustarkkuus:

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| 4. Peruskiintopisteet   | 1. luokka < 1 ppm                                  |
|                         | 2. luokka < 2 ppm                                  |
|                         | 3. luokka < 5 ppm                                  |
| 5. Käyttöpisteet ylempi | 4. luokka < 10 ppm                                 |
| 6. Käyttöpisteet alempi | 5. luokka < 50 ppm (5 mm, kun sivunpituus < 100 m) |

Kohdassa 2.2.2 mainitut epäviralliset 6. luokan pisteet ovat aina työkohtaisia, eikä niitä dokumentoida muuten kuin työn aikaisesti, eikä niitä voida käyttää muuhun tarkoitukseen, kuin mihin ne on tehty.

### 2.4.2 Laadunvarmistuksen menettelyt

Mittausten toteuttaminen täytyy toteuttaa hierarkkisesti oikein, jolloin lähtöpisteinä käytetään lähimpiä ylemmän luokan pisteitä. Oleellista on suunnitella ylemmän luokan pisteet niin, että ne rakennetaan tukeviksi pysyviksi pisteiksi, joihin voidaan tukeutua käyttöpisteistöä mitattaessa.

Runkomittauksen laskentatuloksista tulee esittää yhteenvedona kaikki tarpeelliset suureet, joilla mittausten tarkkuutta voidaan luotettavasti arvioida.



### 2.4.3 Laadun dokumentointi

Laadunvarmistuksen dokumentteja ovat:

- kirjatut laatuvaatimukset runkopisteille
- runkomittaussuunnitelma
- laatu- ja poikkeamaraportit sekä työmaapäiväkirjat.

Mittaustulokset sekä tarpeelliset liitteet tulee dokumentoida huolellisesti ja selkeästi, jotta aineistoa voidaan myöhemmin käyttää hyväksi uusissa havainnoissa tai laskentatulosten tarkkuuksia arvioitaessa.

## 2.5 Tulokset

Runkomittauksen tuloksena syntyy maastoon rakennettu mittausperusta, runkopisteistö. Näille pisteille saadaan laskennan tuloksena koordinaatit hankkeen koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä.

Kiintopisteistä on tehtävä pistekortti tai vastaava dokumentti, joka luovutetaan tilaajalle loppuraportin yhteydessä arkistoitavaksi.

## 2.6 Dokumentointi

Runkomittauksen loppuraportissa (mittaus- ja laaturaportissa) dokumentoidaan seuraavat asiat:

- tulokset
- runkomittaussuunnitelma paperilla tai numeerisena
- GPS-mittausjaksojen aikataulullinen havaintosuunnitelma paperilla tai numeerisena
- GPS-mittausjaksojen havaintolomakkeet pisteittäin paperilla tai numeerisena
- mittaushavainnot numeerisena
- laskentatulokset numeerisena
- keskeiset laskentatulokset paperilla
- päiväkirjat ja mahdolliset poikkeamaraportit liitteenä.

Mittausperustan laatimiseen liittyvien mittausten ja laskennan raportoinnin tulee perustua soveltuvilta osin seuraaviin julkaisuihin: Kaavoitusmittausohje (2002) ja Numeerisen kartoituksen maastomittausohje (1991) /5/, /6/.

### 3 RAITEEN KARTOITUS (RATAGEOMETRIA)

#### 3.1 Yleistä

Raiteen kartoituksessa on tehtävänä inventoida raide ja ratarakenteet sekä selvittää kartalla kuvattavien kohteiden laatu ja sijainti suhteessa mittausperustaan. Tarkoituksena on tuottaa käyttötärpeen vaatiman tarkkuuden täyttävä ja jatkokäsittelyyn soveltuva numeerinen aineisto.

#### 3.2 Tehtävät

##### 3.2.1 Mittaussuunnitelma

Mittaussuunnitelman yleinen sisältö on määritelty tämän ohjeen alussa kohdassa 1.4 Mittaussuunnitelma. Tässä osassa tätä yleistä ohjetta tarkennetaan koskemaan nimenomaan raiteen kartoitusta.

Aluerajauksella käsitetään puhtaasti maantieteellistä rajausta, joka raidetta kartoitettaessa tarkoittaa yleensä kartoitusalueen alku- ja loppukilometrejä (rajaus annetaan esim. muodossa km 186+800–187+500). Teknisellä rajauksella tarkoitetaan niitä määrittelyjä, joilla kerrotaan, mitä kohteita kartoitetaan, mitkä ovat niille annetut tarkkuusvaatimukset ja mistä fyysisistä kohdista ne kartoitetaan. Kartoitettavat kohteet on määriteltävä mahdollisimman tarkasti, jotta tilaaja voi varmistua siitä, että työn tekijä on ymmärtänyt tilauksen siten kuin se on tarkoitettu. Kartoitettavat erityiskohteet on määriteltävä erikseen jo tilausvaiheessa. Ne on mainittava mittaussuunnitelmassa erikseen siten kuin muukin aluerajaus.

Mittaussuunnitelmassa tulee esittää ne toimet, joilla työn suorittaja vakuuttaa suorituksensa olevan vaaditun tarkkuuden mukainen. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota raiteen keskiviivan määrittelyyn ja varmistukseen mittauksen tarkkuudesta.

##### 3.2.2 Mittaukset

Raide kartoitetaan suoralla osalla hajapisteinä keskilinjalta 50–60 metrin välein ja kaarteissa 20–30 metrin välein. Tämä tarkoittaa sitä, että sähköistetyllä rataosalla raiteen kartoituspisteet sijaitsevat sähköratapylväiden kohdalla ja kaarteissa lisäksi kartoitetaan pylväiden välistä yhdestä kahteen kertaan. Raiteen keskilinjan määrittely tulee tehdä yksiselitteisesti ja RAMOn mukaisesti, jotta mittaustulos on luotettava 1/.

Edellisen perusmäärittelyn lisäksi tulee huomioida raiteen kartoitustarve mahdollisten erikoispisteiden kohdalla, ellei tilauksen yhteydessä muuta sovita. Erikoispisteitä ovat mm. sillat, rummut ja laiturit. Mittaustyön suorittaja vastaa siitä, että työssä käytettävä menetelmä soveltuu käytettävään työhön ja on tuloksiltaan luotettava.

Korkeusviivan korkeus mitataan pääsääntöisesti samalla mittauskerralla keskilinjän mittauksen yhteydessä. Erillisen korkeudenmittauksen perusteena on tarve saavuttaa normaalia suurempi tarkkuustavoite. Korkeudenmittaus toteutetaan raiteen kartoituksen tapaan 50–60 metrin välein ja suoritetaan jonona lähtien tunnetulta pisteeltä ja suljetaan tunnetulle pisteelle. Kaarteissa korkeusviivan kartoituksessa on huomioitava raiteen kallistus. Raiteen korkeusviiva kulkee kaarteiden sisemmän kiskon aluslevyn alapinnan tasossa. Korkeusviivan tarkempi määrittelmä ja kuvalliset ohjeet ovat RAMOssa /1/.

### Mittausohjeet

Jokaiselle kartoitettavalle maastopisteelle mitataan x-, y- ja z-koordinaatit. Turva- ja sähköratalaitteille riittää usein pelkkä x- ja y-koordinaatti. Mittauskohteiden tunnus, merkintätapa ja selite on esitetty RHK:n internetsivuilla olevassa koodiluettelossa. /14/

Kohdekohtaiset mittausohjeet ovat saatavilla Acrobat-muodossa RHK:n internetsivuilta. /10/

### 3.2.3 Ratageometrian editointi

Mittausaineisto on käsiteltävä siten, että aineistossa ei ole ylimääräisiä tai virheellisiä pisteitä. Aineisto ei saa sisältää virheellisiä raidenumeroita tai kohdekoodeja.

### 3.2.4 Ratageometrian tulostus

Valmis ja tarkistettu aineisto toimitetaan tilaajalle sopimuksessa määritellyllä tavalla.

## 3.3 Laadunvarmistus

Kohdan 1.5 mukaisesti, kuitenkin huomioiden se, mitä seuraavassa sanotaan.

### 3.3.1 Laadutavoitteet

RAMO asettaa raiteen sijainnille kaksi erilaista tarkkuusvaatimusta sen mukaan, onko kyseessä uusi vai vanha raide. Liikenteen käytössä olevalle raiteelle nopeuden ollessa  $\leq 120$  km/h sijainnin tarkkuusvaatimus on  $\pm 80$  mm radan ollessa jatkuvaksi hitsattua. Mikäli rata on tarkoitettu nopeuksille  $\leq 250$  km/h, tarkkuusvaatimus on  $\pm 50$  mm. Uusille radoille vaatimukset ovat  $\pm 30$  mm ( $\leq 120$  km/h) ja  $\pm 20$  mm ( $\leq 250$  km/h).

Korkeuspoikkeamat ovat vastaavasti vanhoilla radoilla ja alle 120 km/h nopeuksilla  $+80\dots-200$  mm sekä alle 250 km/h nopeuksilla  $+50\dots-150$  mm. Uusilla radoilla vastaavat arvot ovat  $+10\dots-30$  mm ja  $+10\dots-20$  mm.



### 3 Raiteen kartoitus (ratageometria)

Tarkemmat taulukot ovat RAMOn kappaleessa 2.10 Raiteen aseman laatuvaatimukset /1/.

Mittauspoikkeama saa olla 1/3 vaaditusta rakennepoikkeamasta. Merkintämittaustöiden kannalta edellä mainitut rakenteiden tarkkuusvaatimukset tarkoittavat sitä, että uusille radoille, joiden nopeus on alle 120 km/h, sallittu mittauspoikkeama on  $\pm 10$  mm ja alle 250 km/h radoille  $\pm 6,7$  mm. Korkeuden suhteen vastaavat arvot ovat +3,3...-10 mm alle 120 km/h nopeuden uusille radoille ja alle 250 km/h nopeuden uusille radoille +3,3...-6,7 mm. Mittauksen tarkkuusvaatimuksen kannalta sallitut poikkeamat ovat maksimivirheitä. Maksimivirhe on 2,5-kertainen verrattuna mittauksen keskivirheeseen.

Raiteen maastokartoituksen taso- ja korkeussijainnin tarkkuusvaatimuksena on maksimivirhe  $\pm 20$  mm. Tarkkuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä suhteellista tarkkuutta käytettäviin kiintopisteisiin. Käytännössä kartoitusmittauksen referenssinä käytetään aina lähintä kiintopistettä, jos mittausperusta ei täytä homogeenisuusvaatimusta. /1/

Kontrollimittauksia tehtäessä raiteen asemaa verrataan teoreettiseen asemaan. Tällöin mittaukset on tehtävä takymetrimittauksissa saavutettavan menetelmän taso- ja korkeuskeskivirheen mukaisesti (5–7 mm alle 200 metrin etäisyydellä)/1/.

#### 3.3.2 Laadunvarmistuksen menettelyt

Mittausteknisesti on huomioitava muutamia seikkoja, jotta tulokset saadaan riittävällä tarkkuudella oikein. Ensiksikin raiteet tuottavat voimakkaasti lämpöväreilyä, millä on suoraan merkitystä takymetrimittauksen ja vaaituksen mittaustarkkuuteen ja siten tulosten luotettavuuteen. Mittaukset näillä menetelmillä on suoritettava sellaisena aikana, jolloin väreily on pienintä kuten aikaisin aamulla tai kolealla kelillä.

Toiseksi on huomioitava, että tähtäysmatkat eivät ole liian pitkiä. Kolmas huomioitava seikka on oikeanlainen mittauskalusto ja tarkoituksenmukaiset apuvälineet sekä riittävän ammattitaitoinen henkilöstö, joka osaa ottaa huomioon mainitut vaatimukset.

#### 3.3.3 Laadun dokumentointi

Laadunvarmistuksen dokumentteja, joista kootaan työn loppuraportti, ovat:

- mittaussuunnitelma
- mittauksen lähtötiedot
- työmaapäiväkirja
- mahdollisen laaduntarkastuksen dokumentit.

### 3.4 Tulokset

Tulokset luovutetaan tilaajalle kohdan 1.6 mukaisesti.

Tilaajalle luovutetaan kontrollimittauksista listaus, jossa on esitetty raiteen olemassa olevan ja teoreettisen aseman suhde.

### 3.5 Dokumentointi

Työn loputtua tilaajalle luovutetaan loppuraportti, johon liitetään:

- mittaussuunnitelma
- mittauksen lähtötiedot
- työmaapäiväkirjat
- tuotettu mittausaineisto
- muokattu kartta-aineisto
- oman työn tarkistuksen dokumentit
- muu tuotettu aineisto



## 4 KIINTEISTÖTIEDOT

### 4.1 Yleistä

RHK hankkii omistukseensa rautatiealueiksi tarvittavat alueet lunastamalla. /7/

Uusien ratojen ja suurempien ratahankkeiden lunastus- ja ennakkohaltuunottoluvat haetaan valtioneuvostolta, pienempien vähäisten lisäalueiden (vanhan radan vastapenkereet) lunastusluvut haetaan paikalliselta maanmittaustoimistolta. Jos lunastaminen perustuu vahvistettuun asema-kaavaan, valtioneuvoston erillistä lunastuslupaa LR-alueen (Liikennealue ja Rautatie) lunastamiseksi ei tarvita.

Rautatiealueet lunastetaan yleissuunnitelman perusteella, jossa on esitetty radan keskilinja ja tarvittavan alueen leveys.

Kiinteistötiedot esitetään tilaluettelossa, joka sisältää kiinteistötunnuksen, omistaja- ja käyttöoikeuden haltijan tiedot osoitteineen sekä radan paalu- tai ratakilometrilukeman ko. kiinteistön kohdalla.

Ratojen parantamishankkeissa selvitetään myös kiinteistötiedot (ainakin rajatiedot), jotta voidaan varmistua työn pysymisestä rautatiealueella.

Kiinteistö- ja omistajatiedoilla on merkitystä myös suunnitteluhankkeen aikana tapahtuvan vuoropuhelun kannalta.

Suurissa hankkeissa maanmittaustoimisto selvittää kiinteistötiedot JAKO-järjestelmän avulla lunastus- ja ennakkohaltuunottolupaa varten ja toimittaa ne tilaluettelona.

Tarveselvitysvaiheessa kiinteistötietoja ei tarvita.

### 4.2 Tehtävät

Kiinteistötietojen hankinta tapahtuu vaiheittain ratahankkeen etenemisen myötä. Yleissuunnitteluvaiheessa hankitaan tiedot alueen kiinteistöjaotuksesta, maanomistajista ja käyttöoikeiden haltijoista. Rakentamissuunnitteluvaiheessa tehdään rajamerkkien tarkemmat kartoitukset.

Kiinteistötietojen hankinta tapahtuu seuraavina työvaiheina:

- kiinteistöjaotus (rekisterikartta) ja omistajatiedot
- mahdolliset rajamerkkien kartoitukset.

*Maanmittaustoimisto suorittaa rajankäynnit lunastustoimituksen yhteydessä.*

#### 4.2.1 Kiinteistöjaotus ja omistajatiedot

*Kiinteistöjaotus ja omistajatiedot hankitaan käyttöön mahdollisimman varhain. Yleissuunnitelmavaiheessa tehdään rautatiealueen sijainnin kannalta tärkeimmät ratkaisut, joten kiinteistöjaotuksen selvittäminen jo tässä vaiheessa on tärkeää.*

Yleissuunnitelmavaiheen tiedot hankitaan omistajatietojen osalta pääasiassa lainhuuto- ja/tai tonttirekisteristä, numeerinen tieto maanmittaus toimiston tietokannasta. Kunnilta saa yleensä tiedot pesähoitajista.

Menettelyn tarkat ohjeet löytyvät viitetiedostosta: Tietoimituksen tuotteiden laatuvaatimukset ja prosessikuvaukset, kohdasta 1.1 /8/.

Kiinteistöjaotustiedot viedään numeerisina suunnittelussa käytettävän ohjelmiston tietokantaan.

Yleissuunnitelman perusteella haetaan rautatiealueen lunastus- ja ennakkohaltuunottolupa valtioneuvostolta. Lunastusmenettely on kuvattu RHK:n julkaisussa ”Radan suunnitteluohje”. /8/

#### 4.2.2 Rajamerkkien kartoitukset

Rajamerkkien kartoitus tapahtuu joko suunnittelun pohjakartan tai maastomallin laatimisen yhteydessä. Käytettävä mittausmenetelmä määräytyy kartoituksessa tai maastomallin teossa käytettävän tekniikan perusteella.

Rajamerkkien kartoituksessa noudatettava menettely on kuvattu kirjassa ”Tietoimituksen tuotteiden laatuvaatimukset ja prosessikuvaukset”. /9/

Rajamerkkien kartoituksesta saatavalla koordinaattitiedolla päivitetään suunnitteluhankkeen tietokannassa olevat kiinteistöjaotustiedot.

#### 4.2.3 Rajankäynnit tai rajaselvitykset

Yleissuunnitteluvaiheen lopussa, ennen lunastusluvan hakemista, suoritetaan alustava lunastettavan rautatiealueen pinta-alan laskenta, jollei tietoa ole saatu maanmittaus toimistolta tilaluettelon yhteydessä. Rautatiealue merkitään maastoon ennen haltuunottokatselmusta.

Rajamerkkien kartoituksella määritetään tarkat koordinaattitiedot kaikille niille rajoille, joiden rajamerkit on löydettävissä maastosta.

*Niiden rajojen, joiden rajamerkit ovat hävinneet tai jotka muuten ovat epäselviä, tarkat sijainnit määritetään joko rajankäynnillä tai rajaselvityksellä. Tämä työ on Maanmittauslaitoksen suorittamaa viranomaistyötä. Menettely on kuvattu kirjassa ”Tietoimituksen tuotteiden laatuvaatimukset ja prosessikuvaukset”. /9/*

*Rautatiealueen raja vahvistetaan lopullisesti lunastustoimituksessa.*

### 4.3 Laadunvarmistus

#### 4.3.1 Laatuavoitteet

*Lunastuslaki edellyttää, että lupahakemuksen kiinteistötiedot eivät saa olla kolmea kuukautta vanhempia.*

Hakemuksen käsittelyn pitkittyessä kiinteistötiedot on tarkistettava ja muuttuneet tiedot päivitettävä hakemusasiakirjoihin.

#### 4.3.2 Laadunvarmistuksen menettelyt

Rajamerkkien kartoitus tehdään pohjakartan tai maastomallin mittauksen yhteydessä, joten tämän työvaiheen laadunvarmistus tapahtuu näiden töiden yhteydessä. Kadonneet rajamerkit on merkittävä muistiin, koska Maanmittauslaitos suorittaa rajankäynnit tai rajaselvitykset niiltä osin.

Rajankäyntien tai rajaselvitysten osalta vastuu laadusta on Maanmittauslaitoksella.

#### 4.3.3 Laadun dokumentointi

Laadunvarmistuksen dokumentteja ovat:

- olemassa olevien kiinteistötietojen laatudokumentit
- selvitys kartoitusta vaativista rajoista
- luettelo maastosta hävinneistä rajamerkeistä.

### 4.4 Tulokset

Kiinteistötiedot sisältävät numeerisessa muodossa olevat kiinteistöjaotus- ja maanomistaja- ja käyttöoikeuksien haltijoiden tiedot JAKO-tietokannasta. Tiedot talletetaan tarvittaessa ratasuunnittelussa käytettävän ohjelmiston tietokantaan ja niitä käytetään lunastettavan rata-alueen laskennassa.

Kiinteistöjaotus esitetään graafisessa muodossa ratasuunnittelun pohjakartalla ja tarvittaessa pienemmissä hankkeissa siirretään numeerisessa ja graafisessa muodossa lunastustoimituksessa käytettäväksi.

### 4.5 Dokumentointi

Kiinteistötiedoista dokumentoidaan seuraavat asiat:

- tulokset
- arkistotutkimusten aineisto
- selvitys kartoitusta vaativista rajoista kartalla
- kartoitetut rajamerkit numeerisena ja kartalla
- selvitys rajankäyntiä tai rajaselvitystä vaativista rajoista
- kiinteistöjaotustiedot numeerisena ja maanomistajatiedot sähköisesti.



## 5 POHJAKARTAT

### 5.1 Yleistä

Ratasuunnittelun pohjakartta tarvitaan suunnittelun lähtötiedoksi ja rata-suunnitelman esityspohjaksi. Pohjakartta on yleensä numeerinen. Se voi olla vektori- tai rasterimuotoinen tai molempia. Pohjakartan tulee olla sidottu koordinaatistoon. Uudiskartoitukset tehdään niin, että numeerisessa kartassa on mukana myös korkeustieto.

Kartan mittakaava määräytyy hankkeen luonteen mukaisesti. Haja-asutus-alueella käytetään 1:2000 mittakaavaa ja taajamissa 1:1000 tai 1:500 mittakaavaa.

Kartan tarkkuuden osalta noudatetaan ensisijaisesti Maanmittauslaitoksen julkaisujen Kaavoitusmittausohjetta 2002 ja kuvaustekniikan osalta Kaavan pohjakartta 1997 -ohjeita. Ratakohteiden osalta noudatetaan RHK:n erillisohjeita. /6/ /8/ /10/

Pohjakartta tuotetaan yleensä yleissuunnitteluvaiheessa. Taajamista on kaupungeilla ja kunnilla olemassa numeerista pohjakarttaa, jota voidaan hyödyntää joko suoraan tai ajantasaistamisen jälkeen. Kartan ajantasaistaminen suunnitellaan hankekohtaisesti.

Tarveselvitysvaiheessa ei tehdä hankekohtaista pohjakartoitusta, vaan tämä vaihe suoritetaan olemassa olevilla valtakunnallisilla kartta-aineistoilla.

Tilaja voi erikseen niin halutessaan määritellä tästä ohjeistosta poikkeavia menetelmiä pohjakartta-aineiston tuottamiseksi. Menetelmä ja loppuaineisto määritellään tällöin yksityiskohtaisesti tarjouspyyntöasiakirjoissa.

Fotogrammetrisessä kartoituksessa ilmakuvauus voidaan tehdä lähinnä keväällä tai syksyllä, kun maa on paljaana lumesta ja lehti ei ole puussa. Ensin kannattaa kuitenkin selvittää, onko alueelta olemassa vanhoja käyttökelpoisia ilmakuvauksia. Ilmakuvauus ja fotogrammetrisen kartoituksen prosessit on yksityiskohtaisesti kuvattu Kaavoitusmittausohjeessa sekä Kaavan pohjakartassa. /6/ /10/

Laserkeilaus ja sen yhteydessä suoritettava digitaalinen ilmakuvauus on käyttökelpoinen, kun kartta laaditaan tai ajantasaistetaan maastomallin laatimisen yhteydessä.

Ratateknisten laitteiden osalta pohjakartan sisältö ja kuvaustapa on esitetty kartoituskoodeineen RHK:n internetsivuilla. /2/

## 5.2 Tehtävät

Uudiskartoitus tehdään useimmiten ilmakuvilta fotogrammetrisenä stereomittauksena.

Vaihtoehtoisia menetelmiä ovat:

- maastomittaus (pienet alueet)
- kartan tuottaminen digitaaliselta ilmakuvakartalta ja laserkeilausaineistosta
- edellisten yhdistelmä.

Kaupunkihankkeissa hyödynnetään kuntien olemassa olevaa graafista tai numeerista pohjakartta-aineistoa suoraan. Vanhentuneelle kartalle on tehtävä ajantasaistaminen.

*Erityistapauksissa pohjakarttana voidaan käyttää myös ortoilmakuvaa, jossa keskeiset teemat kuten tiet, kiinteistörajat ja rakennukset on esitetty vektorimuotoisina.*

Käytettävän mittauskaluston kunto ja tarkkuusominaisuudet tulee tuntea ja tietää. Mittausmenetelmä ja -laitteet tulee kalibroida kohdassa 1.3 määritettyjä periaatteita noudattaen.

Menetelmästä riippumatta tuloksena olevan kartan ominaisuuksien on oltava sopusoinnussa sekä tilaajan yleisohjeen että tilauksen määrittelyjen kanssa. Poikkeamat Maanmittauslaitoksen ohjeista tulee olla tiedossa ennen työn aloittamista.

Oleellisia tarjouspyynnössä tai työohjelmassa yksikäsitteisesti määriteltäviä asioita ovat:

- kartan käsittämä alue
- kartan mittakaava ja käytettävät koordinaattijärjestelmät
- kartan tarkkuusvaatimukset
- kartan tietosisältö
- graafisen kartan osalta esitysmuodon yksityiskohdat
- numeerisen aineiston osalta lopullinen tulostusformaatti.

Tulostusformaatteja määritettäessä on käytävä läpi kaikki osapuolet, jotka tulevat tarvitsemaan karttaa digitaalisessa muodossa hankkeen aikana. Ellei muuta mainita tai sovita, numeerinen vektorikartta toimitetaan dwg/dxf-formaateissa ja rasterikartta tiff-formaatissa.

Pohjakartan laatimisessa voidaan laatimismenetelmästä riippumatta erottaa seuraavat työvaiheet:

- kartoitussuunnitelma
- mittaukset
- kartografinen viimeistely
- kartan tulostaminen.

### 5.2.1 *Kartoitussuunnitelma*

Kartoitussuunnitelman runkona ja tietosisällön perustana käytetään kohdassa 1.4 esitettyä mittaussuunnitelman runkoa. Tätä runkoa sovelletaan kartoitussuunnitelman tekemiseen ja täydennetään niiltä osin kuin alla on kerrottu.

Tarjouksessa on esitettävä alustava kartoitussuunnitelma, jossa esitetään yksityiskohtaisesti hankkeessa käytettävä pohjakartta-aineisto sekä sen tuottamisen yksityiskohdat. Kartoitussuunnitelma viimeistellään ennen työn aloittamista ja hyväksytetään tilaajalla.

Kartoitussuunnitelman lähtökohtana on tilaajan kartalle asettamat vaatimukset. Lähtötietojen ja muiden olosuhteiden perusteella suunnitellaan käytettävä kartoitusmenetelmä tai eri menetelmien yhdistelmä.

Kartoitussuunnitelman on sisällettävä olennaiset tiedot käytettävästä menetelmästä. Mikäli aiotaan käyttää uutta, yleisesti dokumentoimatonta menetelmää, sen soveltuvuus käyttötarkoitukseen pitää osoittaa. Kartoitussuunnitelman pitää olla niin yksityiskohtainen, että sen perusteella voidaan todeta menetelmän soveltuvuus ja mahdollisuus saavuttaa tavoitteena oleva laatutaso.

Kartoitussuunnitelmassa on käsiteltävä fotogrammetrisessä kartoituksessa tai laserkeilauksessa mittaamatta jäävien kohteiden ja alueiden jatkokäsittely. Mikäli tilauksessa näitä kohteita tai alueita ei ole edellytetty täydennettäväksi maastomittauksella, siitä on mainittava suunnitelmassa.

Suunnitelmassa on erityisesti kiinnitettävä huomiota seuraaviin asioihin:

- kartoituksessa käytettävä runko- ja tukipisteistö
- menettely, jolla karttatieto sidotaan hankkeen koordinaattijärjestelmään
- fotogrammetrista mittausta tai laserkeilausta ja digitaalikuvausta käytettäessä mittaamatta jäävien kohteiden ja alueiden käsittelytapa
- kiinteistötietojen käsittely
- kartan tietosisällön määrittäminen
- nimistön lisääminen
- lopputuotteen yksityiskohtien ja tulosformaattien määrittäminen.

Kartoitussuunnitelmassa on määriteltävä tulosteiden mittakaava, lehtijako ja elementtijako. Numeerisen kartan osalta on määriteltävä, tehdäänkö vektorimuotoinen vai rasterimuotoinen tulostus. Numeerisen kartan tulostusformaatit on myös määriteltävä jo kartoitussuunnitelmaa tehtäessä.

### 5.2.2 *Mittaukset*

Mittausvaiheessa noudatetaan kartoitussuunnitelmassa määriteltyä mittausmenetelmää. Mittaukset tehdään käyttäen suunnitelman mukaista kalustoa ja mittaustapaa. Fotogrammetrisen mittauksen ja laserkeilauksen



osalta kiinnitetään erityisesti huomiota kuvaus- ja keilauslentojen suorittamiseen sopivissa olosuhteissa. Kuvauksista liitetään loppuraporttiin kuvauksen laaturaportti.

Kartoitusmenetelmien vaatimien runko- ja tukipistemittausten osalta toimitaan kohdan 2.3.2 runkomittaussuunnitelman mukaisesti. Mittauksissa saa käyttää vain kartoitus- tai runkomittaussuunnitelmassa yksilöityä kalustoa ja kaluston kalibrointitilanne on varmistettava.

Pohjakartan tietosisällön kannalta oleellisia ovat seuraavat asiat:

- korkeuskäyrien ja luiskien mittaus/kuvaustapa
- kohteiden aluemainen ja topologinen mittaaminen
- aineiston liittäminen vanhaan olemassa olevaan kartta-aineistoon.

*Korkeuskäyrätieto voidaan fotogrammetrisen mittaamisen lisäksi tuottaa laskennallisesti esimerkiksi laserkeilausaineistosta tai olemassa olevasta taikka erikseen tuotettavasta korkeusmallista. Laskettujen korkeuskäyrien osalta on sovittava käyrien pehmenyksen taso, karttakuvauksen osalta jyrkänteiden ja luiskien kuvaamisen ehdot sekä säännöt korkeuskäyrien katkaisemisesta rakennusten ja teiden kohdalta.*

*Aluemaisten kohteiden kuten mm. talojen, peltojen, vesistöjen, avokallioiden mittaamisessa on sovittava alueiden sulkeutuvuuden ehdot. Sulkeutuvat viivana mitatut kohteet voidaan joissakin sovellutuksissa visualisoida värein. Myös muiden viivamaisena mitattujen kohteiden topologiset säännöt on määritettävä.*

### 5.2.3 Kartografinen viimeistely

Mitatulle kartalle tehdään kartografinen viimeistely, jossa muodostetaan kartan lopullinen ulkoasu ja tarkistetaan koodauksen ja kuvaustekniikan oikeellisuus.

Viimeistelyvaiheessa karttaan liitetään kiinteistöjaotus. Rajapyykkien numeroita ja kiinteistötunnuksia siirretään niin, että ne ovat kartografisesti luettavissa. Karttaan lisätään erikseen tarvittava nimistö, korkeuskäyriin lisätään viettoviivoja sekä korkeuskäyrälukemat korkeusesityksen havainnollistamiseksi. Samalla tarkistetaan, että sulkeutuvina esitettävät kohteet todella sulkeutuvat.

Kartografisen viimeistelyn yhteydessä varmistetaan, ettei kartan sijaintitarkkuutta ja yksityiskohtaisuutta heikennetä liikaa.

### 5.2.4 Kartan tulostaminen

Kartan tulostaminen tehdään kartoitussuunnitelman mukaisesti.

Mikäli kartta on suunniteltu tulostettavaksi graafisena muoville, noudatetaan materiaalien osalta Kaavoitusmittausohjeen 2002 vaatimuksia. /6/

Tulostuksessa huomioitavia asioita ovat mm.:

- graafisessa aineistossa mahdollisen nimiön tulostaminen karttalehdille
- numeerisessa rasteriaineistossa resoluution oltava vähintään 300 dpi
- numeerisessa vektoriaineistossa kohteiden luokittelun tai tasojaon liittäminen aineistoon
- koordinaattiristien ja lukemien lisääminen aineistoon.

### 5.3 Laadunvarmistus

#### 5.3.1 Laadutavoitteet

Pohjakartan tulee olla tarkkuustasoltaan, ajantasaisuudeltaan sekä kohteiden kattavuudelta ja ominaisuustietojen oikeellisuudeltaan tilauksen mukainen.

#### 5.3.2 Laadunvarmistuksen menettelyt

Kartoitussuunnitelman noudattamista seurataan työmaapäiväkirjojen avulla. Erityisesti on syytä kiinnittää huomiota mahdollisen ilmakuvauksen ja laserkeilauksen suoritusajankohtiin. Suunnitelmasta poikkeamisen vaikutukset kartan laatuun täytyy voida tältä osin arvioida.

Kartan ulkoasu tarkastetaan visuaalisesti ja vertaamalla sijaintitarkkuus mahdollisesti tehtyyn maastomalliin. Kartan tarkkuutta voidaan arvioida myös profiilimittauksin tai vertaamalla karttaa tuoreeseen ortokuvaan. Maastokäynnillä varmistetaan kartan ajantasaisuus sekä kohteiden kattavuus.

*Mikäli laatua halutaan tarkastaa mittaamalla, sovelletaan SFS:n standardeja 4760 ja 4010. Laadun tarkastus mittaamalla on syytä jättää tilaajan tai riippumattoman tarkastajan tehtäväksi.*

#### 5.3.3 Laadun dokumentointi

Laadunvarmistuksen dokumentteja, joista kootaan työn loppuraportti, ovat:

- kartoitussuunnitelma
- ilmakuvauksen ja laserkeilauksen suoritustiedot
- päiväkirja
- selvitys mittaamatta jääneistä alueista
- mahdollisen laaduntarkastuksen dokumentit.

### 5.4 Tulokset

Suunnittelun pohjakartan osalta tuloksena syntyy graafinen tai numeerinen kartta. Numeerinen kartta tulostetaan tarvittaessa myös graafisena sekä



kartoitus suunnitelmassa määritellyissä formaateissa. Vektorimuotoinen kartta toimitetaan AutoCad dwg/dxf-formaateissa, ellei tilauksessa tai hyväksytyssä työsuunnitelmassa edellytetä käytettäväksi muita formaatteja. Rasterimuotoisen kartan formaatteja ovat esimerkiksi rle ja tiff. Numeeriset tiedostot toimitetaan sovitulla tietovälineellä.

## 5.5 Dokumentointi

Työn loputtua tilaajalle luovutetaan loppuraportti, johon liitetään seuraava aineisto:

- kartoitus suunnitelma
- ilmakuvaus ja laserkeilauksen suoritustiedot
- käytetty mittauskalusto ja mittausmenetelmät sekä ohjelmistot
- eri laskentojen ja koordinaattimuunnosten perusteet ja tulokset
- konseptitulosteet ja mahdolliset signaalointikartat ja -tiedot
- taso- ja koodiluettelot
- graafiset ja/tai numeeriset kartat
- oman työn tarkistuksen dokumentit
- päiväkirjat

## 6 MAASTOMALLIT

### 6.1 Yleistä

Numeerinen maastomalli tarvitaan nykyaikaisen suunnittelun lähtöaineistoksi. Sitä tarvitaan radan vaaka- ja pystygeometrian suunnittelussa, ratarakenteen mallintamisessa, kuivatuksen suunnittelussa, tilavuuslaskennoissa sekä lunastettavan rata-alueen suunnittelussa.

Rakentamissuunnitelmavaiheessa tarvitaan tarkka maastomalli, jolla voidaan suunnitella lopulliset rakenteet ja jota käytetään myös rakentamissuunnitteluvaiheessa urakoiden määrälaskentoihin. Mikäli rakentamissuunnittelu seuraa välittömästi yleissuunnittelua, tarkka maastomalli tehdään jo yleissuunnitteluvaiheessa.

Normaalisti tarkkaan maastomalliin sisältyy alueella olevien uomien ja vesistöjen pohjat. Mikäli niitä ei sisällytetä työhön, siitä on mainittava toimeksiannossa.

Yleissuunnitteluvaiheessa käytetään maastomallia, jonka tarkkuus on rata-suunnittelun pohjakartan luokkaa ja se tehdäänkin usein pohjakartan laatimisen yhteydessä.

Mikäli hankkeelle tarvitaan melumallinnus tai laajempi kuivatussuunnitelma, maastomallia täytyy laajentaa leveys suunnassa siten, että koko tarkasteltava alue saadaan kuvattua. Melumallinnusta tai kuivatussuunnitelmaa varten laajennetun maastomallin ei tarvitse olla yhtä tarkka kuin ratasuunnitteluun käytettävä malli. Esimerkiksi kuivatussuunnitelmaa varten tarvitaan vain nykyisten vesiuomien tiedot tarkasti. Melumallin tarkkuusvaatimus on määriteltävä hankekohtaisesti. Melumallinnuksessa hyödynnetään kauempänä radasta tarpeen mukaan olemassa olevia aineistoja, esimerkiksi Maanmittauslaitoksen korkeusmallia tai kunnan pohjakartasta muodostettua maastomallia.

Tarveselvitysvaiheessa ei yleensä laadita hankekohtaista maastomallia, vaan suunnittelu tapahtuu olemassa olevien karttojen ja numeeristen aineistojen avulla.

Erilaisiin havainnollistamistarkoituksiin käytetään virtuaalimalleja. Niiden ominaisuudet ja laajuudet vaihtelevat hankekohtaisesti niin paljon, että niitä varten on syytä tehdä hankekohtaiset määrittelyt. Niissä joudutaan usein käyttämään lisäksi olemassa olevia karttoja ja ilmakuvia riittävän laajuuden saavuttamiseksi.

### 6.2 Tehtävät

Numeerinen maastomalli on mahdollista laatia hyvinkin erilaisilla menetelmillä. Käytettävästä menetelmästä huolimatta lopputuotteen on täytettävä tilaajan sille asettamat vaatimukset yksikäsitteisesti. Kaikki sallitut

poikkeamat standardinmukaisesta menettelystä on oltava tiedossa työtä suunniteltaessa.

Maastomallin laatimismenetelmästä riippumatta siinä voidaan erottaa seuraavat työvaiheet:

- mittaussuunnitelma
- mittaukset
- maastomallin editointi
- maastomallin tulostus.

### 6.2.1 Mittaussyunnitelma

Mittauksen tulee perustua mittaussyunnitelmaan, joka on hyväksyttävä tilaajalla ennen työn aloitusta. Sen runkona ja tietosisällön perustana käytetään kohdassa 1.4 esitettyä mittaussyunnitelman runkoa. Tätä runkoa täydennetään niiltä osin kuin alla on kerrottu.

Mittaussyunnitelman lähtökohtana ovat tilaajan maastomallille asettamat vaatimukset. Mallin käsittämä alue ja sille asetetut vaatimukset määritetään tilauksessa tai tarjouspyyntöasiakirjoissa. Formaatti ja koodaus on määritelty RHK:n internet-sivuilta löytyvässä maastomallimittausohjeessa. Tulostusformaattien lisäksi täytyy sopia tiedostokoot, joissa malli toimitetaan. /11/

Lähtötietojen ja muiden olosuhteiden perusteella suunnitellaan käytettävä mittausmenetelmä. Menetelmän on oltava tarkoitukseensa soveltuva ja yleisesti käytössä oleva. Mikäli aiotaan käyttää uutta, yleisesti dokumentoimatonta menetelmää, sen soveltuvuus käyttötarkoitukseen pitää osoittaa. Mittaussyunnitelman on oltava niin yksityiskohtainen, että sen perusteella voidaan todeta menetelmän soveltuvuus ja mahdollisuus saavuttaa tavoitteena oleva laatutaso.

Suunnitelmassa tulee erityisesti kiinnittää huomiota mittauksessa käytettävään tukipisteistöön ja menettelyihin, joilla maastomalli sidotaan hankkeen koordinaattijärjestelmään.

Fotogrammetrista mittausta tai laserkeilausta ja digitaalikuvausta käytettäessä suunnitellaan myös näillä menetelmillä mittaamatta jäävien kohteiden ja alueiden käsittelytapa.

Maastotäydennykset voidaan tehdä myös kapeammalta alueelta tai vaiheittain erillisen suunnitelman mukaisesti.

Mikäli tilaaja on edellyttänyt tilauksessa standardien mukaista laadun- tarkastusmenetelmää, siihen liittyvät toimet on esitettävä suunnitelmassa riittävällä tarkkuudella.



### 6.2.2 Mittaukset

Mittausvaiheessa sovelletaan mittaussuunnitelmassa määriteltyä mittausmenetelmää ja aikataulua. Mittaukset tehdään käyttäen suunnitelmassa määriteltyä kalustoa ja mittaustapaa.

Mittausmenetelmän vaatimien runkomittausten osalta toimitaan runkomittaussuunnitelman mukaisesti. Suunnitelman vaatimukset on käsitelty kohdassa 2.3.2.

Mittauksissa saa käyttää vain mittaus- tai runkomittaussuunnitelmassa yksilöityä kalustoa ja kaluston kalibrintitilanne on varmistettava tarkistusohjeen mukaisesti (ks. kappale 1.3).

### 6.2.3 Editointi

*Maastomallin editointivaiheessa muodostetaan sen pintojen lopullinen geometrinen muoto ja ominaisuustietojen koodaus. Tässä vaiheessa suoritetaan myös maastomallin koemallinnus mallinnusohjelmistolla ja varmistetaan mallin geometrinen tarkkuus.*

*Mikäli mallia joudutaan kapasiteettiongelmiin vuoksi harventamaan, se tehdään tässä vaiheessa ennen tulostusta. Harvennuksen vaikutus mallin tarkkuuteen analysoidaan ja dokumentoidaan.*

Aineiston harvennus ei saa heikentää mallin tasoa määritellystä tarkkuusvaatimuksesta. Suoritetut toimenpiteet on dokumentoitava ja liitettävä työstä tehtävään loppuraporttiin. Alkuperäinen harventamaton aineisto on säilytettävä kunnes työ on luovutettu tilaajalle ja se on hyväksytysti otettu vastaan.

Mallista korjataan leikkaavat taiteviivat ja tarkistetaan mallin oikeellisuus korkeuskäyrien avulla. Aineisto ei saa sisältää virheellisiä kohdekoodeja tai raidennumeroita.

### 6.2.4 Tulostus

Maastomallin tulostus tehdään tätä ohjetta täydentävän maastomallimittausohjeen mukaisesti, mikäli toimeksiannossa ei muuta ole määritelty. Mittausohjeessa on määritetty tulostusformaatti sekä käytettävät koodit.

Tulostuksen yhteydessä laaditaan maastomallin jokaisesta tiedostosta seuraavat tilastotiedot:

- pisteiden kokonaismäärä
- pistetiheys
- peitteiset alueet
- taiteviivapisteiden maksimipisteväli
- tiedoston koko.

### 6.3 Laadunvarmistus

#### 6.3.1 Laatumavoitteet

Maastomallin laadunvarmistuksen kannalta mittaussuunnitelmalla on keskeinen merkitys. Tässä vaiheessa perusratkaisuissa tehtyjä virheitä on mahdotonta korjata myöhemmin prosessissa.

Mikäli alueiden täydentäminen maastomittauksella aiotaan tehdä vaiheittain suunnittelun edetessä, täytyy tästä tehdä selkeä suunnitelma ja vaiheittain mitattavat alueet tulee rajata.

Mittausolosuhteilla on suuri vaikutus maastomallin laatuun. Mikäli mittaukset joudutaan aikataulu- tai muista syistä tekemään epäedullisissa olosuhteissa, täytyy tästä aiheutuvat laadulliset ongelmat kirjata ja saattaa tilaajan tietoon mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Maastomallimittauksen tarkkuusvaatimukset, yleiset mittausohjeet sekä taiteviivojen ja hajapisteiden mittausohjeet ovat Tielaitoksen ohjeiden mukaiset. Ratateknisten laitteiden kartoitus- ja koodausohjeet ovat tätä ohjetta täydentävässä maastomallimittausohjeessa. /3/ /10/

#### 6.3.2 Laadunvarmistuksen menettelyt

Mittaussuunnitelman noudattamista seurataan työmaapäiväkirjojen avulla. Erityisesti on syytä kiinnittää huomiota mahdollisen ilmakuvaamisen ja laserkeilauksen suoritusajankohtiin. Suunnitelmasta poikkeamisen vaikutukset maastomallin laatuun täytyy voida tältä osin arvioida.

Fotogrammetrisen mittauksen ja laserkeilauksen osalta käydään huolellisesti läpi näillä menetelmillä mittaamatta jääneet kohteet ja alueet. Mikäli niiden täydentämistä maastomittauksella ei ole mittaussuunnitelmassa, ja alueiden määrä poikkeaa suunnitteluvaiheessa arvioidusta, toimenpiteistä on sovittava tilaajan kanssa heti kun asia on havaittu.

Maastomallin viivojen loogisuus ja topologia tarkistetaan visuaalisesti, jolloin nähdään selvät epäjatkuuskohdat. Maastomallin mallinnustarkkuutta tarkastellaan tarvittaessa tarkistusleikkausten avulla. Tarkistuspoikkileikkaukset voidaan mitata maastossa, fotogrammetrisesti tai laskea harventamattomasta laserkeilausaineistosta.

*Mikäli laatua halutaan tarkastaa tarkastusmittaamalla maastomallin kohteita, sovelletaan SFS:n standardeja 4760 ja 4010. Laadun tarkastus voidaan sisällyttää toimeksiantoon tai se voidaan tilata erillisenä työnä toiselta toimittajalta. Mikäli standardien mukainen laaduntarkastus sisältyy työhön, sen sisältö on määriteltävä toimeksiannossa ja toimintatapa on tällöin määriteltävä mittaussuunnitelmassa.*

### 6.3.3 Laadun dokumentointi

Laadunvarmistuksen dokumentteja, joista kootaan työn loppuraportti, ovat:

- mittaussuunnitelma
- vaiheittain täydennettävien alueiden rajaukset
- ilmakuvausten ja laserkeilauksen suoritustiedot
- mittaamatta jääneiden alueiden dokumentit
- työmaapäiväkirja
- tarkistusleikkausten ja muut oman työn tarkistuksen dokumentit
- mahdollisen laaduntarkastuksen dokumentit (SFS-standardi).

### 6.4 Tulokset

Maastomallin mittauksen tuloksena syntyy numeerinen tiedosto. Se tulostetaan mittaussuunnitelmassa määritellyissä formaateissa. Numeeriset tiedostot toimitetaan kohdan 1.6 mukaisella tietovälineellä. Geodeettista mittausohjetta täydentävässä maastomallimittausohjeessa määritetyn Tielaitoksen maastopisteformaatin lisäksi muita erityistapauksissa käytettäviä formaatteja voivat olla AutoCad-ohjelmiston dxf-formaatti tai Microstation-ohjelmiston dgn-formaatti. Maastomallien osalta formaattien tulee kyetä käsittelemään kolmiulotteista tietoa.

### 6.5 Dokumentointi

Loppuraporttiin, jonka tilaaja arkistoi, liitetään seuraavat dokumentit:

- mittaussuunnitelma
- ilmakuvausten ja laserkeilauksen suoritustiedot sekä laaturaportti
- työmaapäiväkirjat
- editoinnin ja tulostuksen tiedot (ohjelmistot, laitteistot)
- tarkistusleikkaukset ja muut oman työn tarkistuksen dokumentit
- maastomallin numeeriset tiedostot
- maastomallin tilastotiedot.



## 7 ORTOKUVAMOSAIIKIT (ILMAKUVAMOSAIIKIT)

### 7.1 Yleistä

Suunnittelussa käytetään sekä ilmakuvia että ortokuvia niiden hyvän havainnollisuuden vuoksi. Ortokuva on digitaalinen ilokuva, josta on poistettu ilmakuvassa normaalisti olevat vääristymät, jotka aiheutuvat kamerasta, kuvan vinoudesta tms. Ortokuvista muodostetaan ortokuvamosaiikki, jota voidaan käyttää suunnitteluohjelmistossa taustakuvana maastomallin ja pohjakartan kanssa. Ortokuvamosaiikki toimii suunnittelijan apuna antaen maastosta havainnollista tietoa kasvillisuudesta, rakennuksista, väreistä jne. Lisäksi ortokuvamosaiikkia voidaan käyttää havainnollistamaan suunnitelmaa esittelytilaisuuksissa.

Ortokuvamosaiikilla voidaan korvata osa pohjakartan tiedoista, jolloin pohjakartalla ei esitetä tietoja, jotka näkyvät selkeämmin ja havainnollisemmin ilmakuvalla. Ortokuvaa voidaan myös täydentää pohjakartan tiedoilla. Molemmissa vaihtoehdoissa ortokuvamosaiikkia täytyy käyttää yhdessä pohjakartan kanssa tulostettaessa suunnitelmakarttoja.

Ortokuvamosaiikille on ominaista mittatarkkuus ja hyvä istuvuus alueelta olevan maastomallin tai pohjakartan kanssa.

Rakentamissuunnitteluvaiheessa käytetään ortokuvamosaiikkia kapealta alueelta ja se tulostetaan suurella erotuskyvyllä. Siitä nähdään maasto-kohteiden yksityiskohdat ja sitä voidaan käyttää suunniteltujen rakenteiden sijoittumisen esittelyyn yleisölle.

Yleissuunnitteluvaiheessa käytettävä ortokuvamosaiikki käsittää laajemman alueen ja se tulostetaan pienemmällä erotuskyvyllä. Sitä käytetään silloin, kun tutkitaan laajempaa aluetta esimerkiksi ympäristötarkasteluihin.

### 7.2 Tehtävät

Ortokuvamosaiikin laatimisessa voidaan laatimismenettelystä riippumatta erottaa seuraavat työvaiheet:

- kuvaussuunnitelma
- kuvaukset
- ortokuvamosaiikin muodostaminen
- tulostus.

#### 7.2.1 Kuvaussuunnitelma

Kuvauksen tulee perustua kuvaussuunnitelmaan, joka on hyväksyttävä tilaajalla ennen työn aloitusta. Sen runkona ja tietosisällön perustana käytetään kohdassa 1.4 esitettyä mittaussuunnitelman runkoa. Tätä runkoa sovelletaan tarvittavin osin ja täydennetään niiltä osin kuin alla on kerrottu.

Kuvaussuunnitelman lähtökohtana ovat tilaajan asettamat vaatimukset digitaalisille kuville ja mosaiikille. Mosaiikin käsittämä alue, sijaintitarkkuusvaatimus ja erotuskyky ovat keskeisiä lähtötietoja. Erityisesti on varmistettava digitaalisen kuvamosaiikin tulostusformaateista. Tulostusformaatit ja käytettävät tiedostokoot määritellään tilaajan antamien tietojen mukaan. Myös mahdollinen kuvien heikentäminen pakkaamalla on huomioitava suunnitelmassa.

Lähtötietojen ja muiden olosuhteiden perusteella suunnitellaan käytettävä kuvaustapa. Mikäli hankkeella käytetään fotogrammetrista kartoitusta pohjakartan tai maastomallin laadinnassa, kuvaus suoritetaan mittakameralla. Tällöin kuvaussuunnitelma laaditaan niin, että fotogrammetrisen kartoituksen asettamat vaatimukset täyttyvät. Kuvamosaiikin vaatimukset vaikuttavat kuvaussuunnitteluun vain, jos kuvamosaiikki tarvitaan alueilta, joilta ei tehdä fotogrammetrista mittauksia. Tällöin kuvaus voidaan tehdä haluttuna vuodenaikana, koska mittaustietoja maanpinnasta ei tarvita.

Koska ilmakehu joko digitaalilla tai videokameralla voidaan suorittaa samanaikaisesti laserkeilauksen kanssa, kuvauksen suunnittelussa pitää huomioida alue, jolta mosaiikki tarvitaan, sekä vaadittava erotuskyky, joka määrittää lentokorkeuden.

Mikäli kuvaus kuvamosaiikkia varten suoritetaan täysin erikseen, kuvaussuunnittelussa on huomioitava kuvattava alue ja vaadittava erotuskyky siten, että tilauksessa esitetyt vaatimukset täyttyvät.

Kuvaussuunnitelmasta pitää selvittää kuvauksen suoritustapa ja likimääräinen ajankohta. Olennaisia tietoja ovat kameran tiedot, lentokorkeus ja kuvauslinjojen sijainti sekä kuvanottoapaikat mittakameraa käytettäessä. Suoritettaessa kuvausta fotogrammetrista kartoitusta varten noudatetaan lisäksi sille asetettuja vaatimuksia, jotka kirjataan suunnitelmaan.

### 7.2.2 Kuvaukset

Kuvaukset suoritetaan kuvaussuunnitelman mukaisesti. Erityisesti kiinnitetään huomiota kuvausten suorittamiseen soveltuviin olosuhteisiin. Kuvattaessa fotogrammetrista kartoitusta varten noudatetaan fotogrammetrisen kartoituksen asettamia vaatimuksia. Sama koskee osittain myös laserkeilauksen yhteydessä suoritettavaa kuvausta. Täysin erillinen kuvaus voidaan suorittaa huomioiden vain kuvamosaiikin vaatimukset.

Kuvauksessa saa käyttää vain kuvaussuunnitelmassa yksilöityä kameraa ja kameran kalibrointitilanne on varmistettava kohdan 1.3 mukaisesti.

### 7.2.3 Ortokuvamosaiikin muodostaminen

Kuvat orientoidaan ensin sisäisesti, mikä edellyttää kameran tuoreita kalibrointitietoja. Kuvien ulkoinen orientointi määritetään yleisesti hyväk-



syttyjä pistetihennysmenetelmiä käyttäen siten, että kuvamosaiikin sijaintitarkkuusvaatimus saavutetaan. Ilmakuvien maastovirheen korjaus on suoritettava niin tarkalla maastomallilla, että kuvamosaiikin sijaintitarkkuusvaatimus saavutetaan.

Ortokuvayhdelmä kootaan ohjelmistolla, joka mahdollistaa kuvarajojen häivytyksen ja värien tasapainotuksen siten, että kuvien kontrastit eivät madallu liiaksi eivätkä kuvien väliset saumat ole visuaalisesti häiritseviä. Näin muodostettu mosaiikki on tasalaatuinen ja saumaton.

#### 7.2.4 Mosaiikin tulostus

Kuvamosaiikin tulostus tehdään kuvaussuunnitelman mukaisesti. Kuvaussuunnitelmassa on määritelty tulostusformaatit ja tiedostokoot, joissa mosaiikki tulostetaan. Mikäli kuvien laatua joudutaan heikentämään kuvapakkauksella suunnittelijan ohjelmiston kapasiteettiongelmiensa vuoksi, tästä toimenpiteestä sovitaan tilaajan kanssa erikseen tapauskohtaisesti.

Aineiston harvennus ei saa heikentää kuvan tasoa määritellystä tarkkuusvaatimuksesta. Suoritetut toimenpiteet on dokumentoitava ja liitettävä työstä tehtävään loppuraporttiin. Alkuperäinen heikentämätön aineisto on säilytettävä, kunnes työ on luovutettu tilaajalle ja se on hyväksytysti otettu vastaan.

### 7.3 Laadunvarmistus

#### 7.3.1 Laatutavoitteet

Kuvamosaiikille voidaan asettaa laatutavoitteet seuraavien tekijöiden osalta:

- sijaintitarkkuus
- erotuskyky
- visuaalinen ulkoasu.

Mikäli kuvamosaiikki tuotetaan maastomallin tai kartan laatimisen oheistuotteena, noudatetaan sijaintitarkkuudessa maastomallin tai kartan sijaintitarkkuusvaatimuksia. Erillisenä tehtävälle kuvamosaiikille on määriteltävä sijaintitarkkuusvaatimus jo tilausvaiheessa.

*Erotuskyky määräytyy mosaiikin käyttötarkoituksen perusteella. Rakentamissuunnittelussa käytettävän kuvamosaiikin erotuskykynä käytetään 10 cm. Erityistapauksissa voidaan edellyttää suurempaa erotuskykyä. Yleissuunnitteluun tehtävässä kuvamosaiikissa erotuskyky voi olla huonompi, jolloin tiedostokoot saadaan pienemmiksi. On mahdollista määritellä myös erilainen erotuskyky erityyppisille alueille.*

*Kuvamosaiikin visuaalinen ulkoasu on tärkeä, jos sitä käytetään suunnitelman esittämispohjana. Kuvien visuaaliseen laatuun*



*vaikuttaa hyvin paljon kuvausajankohta. Kesällä saadaan värien puolesta parhaat kuvat ja valoakin on riittävästi. Keväällä valoa on riittävästi, mutta maasto on väritön. Syksyllä ongelmana on valon puute.*

### 7.3.2 Laadunvarmistuksen menettelyt

Kuvaussuunnitelman noudattamista seurataan työmaapäiväkirjojen avulla. Erityisesti on syytä kiinnittää huomiota ilmakuvausajan suoritusaikoihin. Suunnitelmasta poikkeamisen vaikutukset kuvamosaiikin laatuun täytyy voida arvioida tältä osin.

Digitaalisen ortokuvamosaiikin laatua arvioidaan sekä silmämääräisesti että mittaamalla. Silmämääräistarkastelu tehdään sekä geometrian että radiometrian osalta. Tällöin nähdään värien kuvautuminen ja tasalaatuisuus. Lisäksi todetaan kuvien välisten saumojen häivytyksen onnistuminen. Mosaiikin sijaintitarkkuutta tarkastellaan vertaamalla sitä joko hankkeelle tehtyyn maastomalliin tai karttaan, jolloin havaitut sijaintipoikkeamat on dokumentoitava.

*Kuvien mahdollisen pakkauksen aiheuttamia vaikutuksia kuva-laatuun voidaan arvioida myös silmämääräisesti.*

### 7.3.3 Laadun dokumentointi

Laadunvarmistuksen dokumentteja ovat:

- kuvaussuunnitelma
- ilmakuvausajan suoritustiedot
- visuaalisen arvioinnin dokumentit
- sijaintitarkkuuden tarkistuksen dokumentit
- muut mahdolliset oman työn tarkistuksen dokumentit.

## 7.4 Tulokset

Ortokuvamosaiikin osalta tuloksena syntyy numeerinen tiedosto. Se tulostetaan kuvaussuunnitelmassa määritellyissä formaateissa. Tulostetut tiedostot toimitetaan kohdassa 1.6 sovitulla tietovälineellä.

## 7.5 Dokumentointi

Ortokuvamosaiikin teon yhteydessä tuotetaan ja arkistoidaan seuraavat dokumentit:

- kuvaussuunnitelma
- ilmakuvausajan suoritustiedot ja päiväkirjat
- kuvauskalusto yksilöitynä
- ortokuvan muodostamisessa käytetyt ohjelmistot
- tiedot ortokuvien muodostamisessa käytetystä maastomallista
- kuvamosaiikin tulostustiedostot.

Mikäli kuvausta käytetään fotogrammetriseen kartoitukseen, dokumentoidaan lisäksi viitetiedoissa vaaditut menetelmäkohtaiset asiat. /6/ /12/ /13/

## 8 RAKENTAMISEN MAASTOONMERKINNÄT

### 8.1 Yleistä

Ratahankkeen toteutuspäätöksen jälkeen aloitetaan rakentamissuunnittelu ja sen valmistuttua käynnistyvät rakentamistyöt. Rakentamisen maastoonmerkinnät alkavat samanaikaisesti rakentamisen kanssa. Ainoastaan lunastettava rata-alue on merkitty maastoon ennen rakentamista.

Radan rakentamisen maastoonmerkinnän ohjeita voidaan soveltuvin osin käyttää myös muuhun rautatieympäristössä tapahtuvaan maastoonmerkintään.

### 8.2 Tehtävät

Rakentamisen maastoonmerkinnät perustuvat rakentamissuunnittelusta saatavaan numeeriseen aineistoon. Paikalleenmittausprosessit ovat myös pääosin numeerisia ja digitaalista suunnitelmätietoa käytetään osittain myös suoraan työkoneiden ohjaukseen.

Erityisen tärkeätä onkin prosessin kannalta varmistaa, että rakentamissuunnittelusta tiedot tulevat oikeina ja oikeassa muodossa. Lisäksi on varmistettava, että työnaikaiset muutokset pystytään päivittämään mittaus-tietoihin. Tästä syystä tilaajan kanssa on sovittava toimintamenettely muutosten hallintaan.

#### 8.2.1 Lähtötietojen käsittely

Lähtötiedot tuotetaan rakentamissuunnittelussa. Vastuu tietojen tuottamisesta on suunnittelijalla. Mittausten suorittajalla on kuitenkin velvollisuus tarkistaa lähtötiedot ja raportoida välittömästi mahdollisista epätarkkuuksista. Rakentamismittauksen asiantuntija toimii tarvittaessa asiantuntijana aineistoja muodostettaessa.

Rakentamismittausten onnistumisen kannalta on välttämätöntä, että mittausten lähtötietoja ylläpidetään selkeästi ryhmiteltynä. Suunnitelmien muutokset työn aikana on päivitettävä välittömästi lähtötietoihin.

Lähtötietojen ylläpitoon kuuluu aineistojen ryhmittely aiheittain ja urakoittain sekä mittausaineistojen muodostaminen työkohteille työvaiheittain.

Mittausaineistojen ylläpidosta vastaa mittaukstyöstä vastaava henkilö oman työkokonaisuutensa osalta. Mikäli työmaalla toimii useita mittausorganisaatioita, vastuu tiedonhallinnan koordinoinnista on tilaajalla.

Suunnittelijan tuottaman rakennussuunnitelman numeerisen mittausaineiston sisällössä ja tiedostojen formaatissa noudatetaan seuraavien julkaisujen ohjeita:



- Suositus tien rakennussuunnitelman mittausaineistoksi (luonnos)
- Ehdotus sillan rakennepisteiden koodaamiseksi (luonnos)
- Tiensuunnittelutiedon ATK-arkistosuositus
- Xroad, käyttäjän opas, siirtotiedostot, 12.12.1994.

Suunnittelijan toimittamien numeeristen mittausaineistojen puuttuessa mittaukstyöstä vastaava henkilö vastaa tarvittavien tietojen laskemisesta. Lähtötiedot saadaan rakentamissuunnitelman manuaalisista aineistoista.

Työnaikaisissa muutostilanteissa mittaukstyöstä vastaava henkilö päivittää suunnittelijalta tulleet muutossuunnitelmien mittausaineistot ko. projektin mittausaineistoon. /14/ /15/ /16/ /17/

### 8.2.2 Mittaussuunnitelma

Mittauksen tulee perustua mittaussuunnitelmaan, joka on hyväksyttävä tilaajalla ennen työn aloitusta. Suurissa ja pitkäaikaisissa töissä mittaussuunnitelma laaditaan kaksiosaisena. Ensimmäinen osa sisältää yleiset periaatteet koko työmaan mittauksista ja se rakentuu kohdan 1.4 mittaussuunnitelman rungon mukaisesti. Toisessa osassa mittausohjelman runkoon lisätään mahdolliset tarkennukset merkintämittaussuunnitelman ja yksittäisiä työkohteita ohjaavien asiakirjojen mukaisesti.

Merkintämittaussuunnitelmasta sisältää seuraavat asiat:

- Lähtötilanteen tarkistus ja tarvittaessa pisteverkon täydennys kohdan 2.3 periaatteiden mukaan
- Suunnitelmien tarkistus
- Tarkkuusvaatimukset merkittävillä pisteillä
- Mittaustapa, joka valitaan tarkkuusvaatimusten mukaan. Kutakin työvaihetta varten tulee valita edullisin mittaus- ja merkitsemismenetelmä, joka takaa kyseiselle työlle riittävän tarkkuuden.
- Käytettävä mittauskalusto
- Varmennusmitattavien pisteiden lukumäärä
- Mittausten dokumentointitarve.

Merkintämittausten suunnitelmat laaditaan työkohteittain ja työvaiheittain. Suunnitelmissa määritetään mittausten laajuus, sisältö ja tarkkuusvaatimukset.

Mittauksen lähtöpisteinä käytettävien kiintopisteiden tulee täyttää RAMOn vaatimukset. Siltojen ja muiden kiinteiden rakenteiden kohdalla käytettävät kiintopisteet tulee tarkistaa ennen kyseisen kohteen rakentamisen aloittamista. Siltamittauksessa lähtöpisteiden täytyy lisäksi täyttää sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset. /1/ /16/ /18/

Merkintämittausten tarkkuusvaatimukset on selostettu Rautatien maa- rakennustöiden yleisessä työselityksessä ja laatuvaatimuksissa (RMYTL)

sekä Tierakennustöiden yleisten laatuvaatimusten ja työselitysten yleisten perusteiden kohdassa 50.5.6.4. /3/ /19/

Merkintämittaussuunnitelmaan liitetään ohjeet mittausten suorittamisesta sekä mittauksessa sovellettavien mittaushavaintojen tarkkuusrajat.

Merkintämittausten dokumentointitarve määritellään mittaussuunnitelmassa ja mittausdokumentin sisältö määritellään seuraavasti:

- Mittaukset dokumentoidaan niin, että ne ovat tarvittaessa jäljitettävissä.
- Mittausdokumentti sisältää mittaustulosten lisäksi mittaustehtävän määrittelyn, päivämäärän, kellonajan, havaitsijan nimen, mittauskaluston sekä mittauksessa käytetyt lähtöpisteet. Mittausdokumentissa esitetään mittauksen sulkeutuminen lähtöpisteiden suhteen. Kojeen orientoinnin osalta dokumentoidaan orientoinnin tarkkuus sekä orientoinnin pysyvyys lopuksi tehtävän tarkastusmittauksen avulla. /4/

### 8.2.3 Mittaukset

Merkintämittaukset suoritetaan työkohteittain ja työvaiheittain tehdyn suunnitelman mukaisesti. Merkintämittausta varten alueella pitää olla tarvittava kiintopisteistö valmiina. Mikäli pisteistöä ei alueella ole, sen rakentamisessa on noudatettava kohdan 2.3. periaatteita.

Merkintämittaustyön eri vaiheiden valmistumisesta raportoidaan asiakkaalle. Mitatut tähtäysmerkit käydään läpi asiakkaan kanssa. Merkintämittaussuunnitelman havaituista rakentamissuunnitelman virheistä raportoidaan heti asiakkaalle suullisesti sekä tarvittaessa kirjallisesti. Muusta merkintämittauksen aikaisesta raportoinnista sovitaan erikseen asiakkaan kanssa.

Maastomittausyksikkö huolehtii mittauksen aikana siitä, että merkintämittaussuunnitelmassa esitetyt asiat toteutuvat.

Kutakin merkintämittauksessa käytettävää kojetta varten on olemassa käyttöohje, josta selviävät laitteen vaatimat tarkistukset ja kalibroinnit. Merkintämittauksessa on käytettävä aina tarkistettua mittauskalustoa. Kalustovaatimukset on esitetty kohdassa 1.3.

## 8.3 Laadunvarmistus

### 8.3.1 Laatuvaatimukset

Merkintämittausten tarkkuudet on esitetty RMYTL:ssä sekä Tierakennustöiden yleisten laatuvaatimusten ja työselitysten yleisissä perusteissa. /4/ /19/

Merkintämittaussuunnitelmassa esitetään ohjeet mittausten suorittamisesta sekä mittauksessa sovellettavien mittaushavaintojen tarkkuusrajat.

Merkintämittaussuunnitelmaan kuuluu ohjeet mittausten suorittamista varten sekä mittauksessa sovellettavat mittaushavaintojen tarkkuusrajat.

### 8.3.2 Laadunvarmistuksen menettelyt

Merkityistä pisteistä otetaan varmennusmittaus merkintämittaussuunnitelman mukaisesti. Varmennusmittauksessa toisella mittaustavalla varmennetaan ensimmäisen mittaustavan tulos. Takymetrimittaus varmennetaan mittanauhalla; mittaamalla takymetrillä merkittyjen pisteiden välimatkoja ja vertaamalla niitä suunnitelmaan.

Varmennusmitattavien pisteiden lukumäärä kohteittain liikkuu seuraavissa rajoissa:

Radan eri rakennekerrokset	5-10 %
Kuivatusrakenteet	5-10 %
Varusteet ja laitteet	5-10 %
Sillat	kaikki
Muut kiinteät rakenteet	kohteittain

Likimääräinen merkintämittausten varmentaminen suoritetaan silmämääräisesti vertaamalla merkittyjen kohteiden sijaintia toisiinsa, valmiisiin rakenteisiin sekä kohteen ympäröivään maastoon nähden.

### 8.3.3 Laadun dokumentointi

Maastoonmerkintäsuunnitelman noudattamista seurataan työmaapäiväkirjojen avulla. Erityisesti on syytä kiinnittää huomiota mittauksen tarkkuusvaatimusten toteutumiseen.

Varmennusmittausten avulla voidaan osaltaan varmistaa tarkkuusvaatimusten toteutumista.

## 8.4 Tulokset

Hankkeesta riippuen maastoonmerkinnän tulokset ovat seuraavat:

- maastoonmerkinnät
- ratarungot
- ratageometria
- varusteet ja laitteet
- sillat.

Tulokset luovutetaan asiakkaan käyttöön heti niiden valmistuttua työkohteittain ja työvaiheittain. Numeerisessa muodossa olevat tulokset arkistoidaan sopimuksen mukaan.



*Rakentaminen käyttää maastoonmerkinnän tuloksia suoraan rakentamisen ohjauksessa ja laadunvalvonnassa. Rakentamisesta määräytyvät eri työvaiheiden ja työkohteiden aikataulut, joiden mukaisesti mittaukset suoritetaan.*

Toiminnon aikana tulokset ovat työhön osallistuvien yksiköiden hallinnassa. Numeeriset tuotteet säilytetään varmistettuina tietokoneiden levyillä. Tulosten valmistuttua ne luovutetaan asiakkaalle ja arkistoidaan sopimuksen mukaan.

## 8.5 Dokumentointi

Merkintämittauksien dokumentointitarve selviää merkintämittaus-suunnitelmasta. Mittausdokumentin sisältö määritellään Tienrakentamisen yleisten laatuvaatimusten ja työselitysten yleisten perusteiden kohdassa 50.5.2 seuraavasti:

- Mittaukset dokumentoidaan niin, että ne ovat tarvittaessa jäljitettävissä.
- Mittausdokumentti sisältää mittaustulosten lisäksi mittaustehtävän määrittelyn, päivämäärän, kellonajan, havaitsijan nimen, mittauskaluston sekä mittauksessa käytetyt lähtöpisteet. Mittausdokumentissa esitetään mittauksen sulkeutuminen lähtöpisteiden suhteen. Kojeen orientoinnin osalta dokumentoidaan orientoinnin tarkkuus sekä orientoinnin pysyvyys lopuksi tehtävän tarkastusmittauksen avulla.

Maastomittausyksikön tulee pitää työmaapäiväkirjaa päivittäisistä merkintämittauksista. Työmaapäiväkirjaan merkitään seuraavat asiat:

- mittaustyön tai laskentatyön suorittajat
- mittaustyövaiheiden aloitukset ja valmistumiset
- päivittäiset työsuoritukset, kuten mittauksen kohde, tuotetut ja lasketut mittaussaineistot tiedostonimiseen
- mittaustyön aikana rakennussuunnitelmassa havaitut puutteet sekä virheet
- asiakkaan kanssa sovitut sopimukseen kuulumattomat lisätyöt.

Asiakkaalle toimitettavista merkintämittausten dokumenteista sovietaan erikseen. /1/ /4/ /14/ /15/ /19/

## 9 RAKENTAMISEN LAADUNVALVONTAMITTAUKSET

### 9.1 Yleistä

Tämä ohjeen kohta koskee rakennusprojektin aikana rataan liittyvien rakenteiden laatumittauksia ja mittausdokumenttien tuottamista.

Mittauskalustoa laadunvalvontamittauksiin valittaessa on huomioitava mittauskaluston soveltuvuus tehtävään. Mittaukseen käytettävän laitteiston tulee mittauksen suoritettuaan tallentaa mittautieto automaattisesti ilman käsin tapahtuvaa kirjaamista joko kojeen sisäiseen muistiin tai ulkoiseen tallentimeen. Mittautieto on voitava purkaa kojeesta tai tallentimesta suoraan käsiteltäväksi jossakin tunnetussa ohjelmassa ja sitä on voitava käsitellä ilman numeroiden manuaalista muokkausta koko prosessin ajan aina valmiisiin dokumentteihin saakka. Kaluston valinnassa on huomioitava myös tarkistettavien kohteiden sijainnille ja rakenteelle asetetut vaatimukset. Mittauskaluston on kyettävä noin kolme kertaa tarkempaan suoritukseen kuin mitä sillä tarkistettavan rakenteen sijaintivaatimus on.

Suurta tarkkuutta vaativien kohteiden laadunvalvontamittauksissa käytettävän kaluston kalibrointi- tai tarkistustodistus (katso myös kohta 1.3) ei saa olla yli 12 kuukautta vanha ja kaluston käyttäjän on osoitettava tilaajalle kaluston luotettavuus tarkistamalla se aina ennen laadunvalvontamittausten suorittamista. Näistä työmaalla tapahtuvista tarkistuksista on pidettävä pöytäkirjaa ja ne on toimitettava tilaajan edustajalle.

Tätä ohjetta voidaan käyttää soveltuvin osin myös muihin kuin rakentamisen aikaisiin laadunvalvontamittauksiin.

### 9.2 Tehtävät

#### 9.2.1 Lähtötietojen käsittely

Rakentamisen laadunvalvontamittausten lähtötiedot saadaan rakentamissuunnittelusta. Vastuu tietojen tuottamisesta on suunnittelijalla. Työn aikana tapahtuvat suunnitelmien muutokset päivitetään välittömästi lähtötietoihin.

Suunnittelijan tuottaman rakennussuunnitelman numeerisen mittausaineiston sisältöä ja tiedostoformaattia on käsitelty seuraavissa julkaisuissa:

- Suositus tien rakennussuunnitelman mittausaineistoksi (luonnos)
- Ehdotus sillan rakennepisteiden koodaamiseksi (luonnos)
- Tiensuunnittelutiedon ATK-arkistosuositus
- Xroad, käyttäjän opas, siirtotiedostot, 12.12.1994.

Suunnittelijan toimittamien numeeristen mittausaineistojen puuttuessa mittaustyöstä vastaava henkilö vastaa tarvittavien tietojen laskemisesta. Laadunvalvontamittauksista vastaava tarkistaa suunnittelusta tulleen aineiston ja raportoi asiakkaalle kirjallisesti suunnitelmissa havaitut

mittaustiedostojen ristiriitaisuudet sekä esille tulleet virheet ja puutteet välittömästi tarkastuksen jälkeen. Tarkistusvelvollisuus kattaa myös mittausperustan tarkistamisen. /14/ /15/ /16/ /17/

### 9.2.2 *Mittaussuunnitelma*

Mittaussuunnitelmassa on yksilöitävä suoritettava tehtävä riittävän tarkasti. Suunnitelmassa on esitettävä käytettävä mittauskalusto ja sen kalibroitimenettelyt riittävässä laajuudessa. Mittaussuunnitelmassa on yksilöitävä mittaustyön suorittajat ja heidän kokemuksensa vastaavista tehtävistä sekä mittaustyön suorittaminen ja sen rytmittäminen mahdollisen rakentamisprojektin edetessä. Mittaussuunnitelmassa on yksilöitävä ne laadunvalvonnan perusperiaatteet, jotka ovat työtä ohjaavina tekijöinä ja joiden valossa tulosta arvioidaan.

Mittaussuunnitelmaan kirjataan yhteydenpito tilaajan kanssa itse työn aikana sekä loppuraportin sisältö, tuotettavat dokumentit sekä niiden luovutus.

Suunnittelussa on huomioitava eri mittausmenetelmät, kohteiden tarkkuusvaatimukset ja mittausten varmentaminen. Lähtöpisteiden kelpoisuuteen ja tarkkuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota varsinkin siltojen ja rata-geometrian laadunvalvontamittauksia suunniteltaessa.

Jos erillistä suunnitelmaa ei ole, noudatetaan radanrakennustöiden yleisiä laadunvalvontaohjeita.

### 9.2.3 *Mittaukset*

Maastomittausryhmä vastaa laadunvalvontamittausten käytännön suorittamisesta ja mittaustulosten luotettavuudesta. Mittaustyössä käytetään kokeneita ammatti-ihmisiä ja mittaukset tehdään nykyaikaisilla mittauslaitteilla huomioiden kohdissa 1.3 sekä 9.1 esitetyt vaatimukset kalustolle.

## 9.3 **Laadunvarmistus**

### 9.3.1 *Laatutavoitteet*

Tavoitteet on määritelty suunnitelmissa kohdekohtaisesti. Kaikkia mittauksia ohjaavana tavoitteena on, että laadunvalvontamittaukset tehdään siten ja sellaisella kalustolla, että ne ovat luotettavat ja osoittavat rakennustyön olevan tilauksen mukainen.

### 9.3.2 *Laadunvarmistuksen menettelyt*

Mittauskaluston on oltava kalibroitu tai tarkistettua jollakin kirjallisesti dokumentoidulla menetelmällä (esim. laitteiston maahantuojaan toimittama kirjallinen raportti siitä, että laitteisto on tarkistettu ja se täyttää valmista-



jan sille asettamat vaatimukset). Tämän lisäksi kaluston työmaalla tehdyt tarkistukset on dokumentoitava.

*Suosittelava tapa erityistä tarkkuutta vaativissa kohteissa on kalibroida mittausprosessi, jolloin nähdään mittausprosessista aiheutuva virhe (katso myös kohta 1.3.1).*

Erityistä tarkkuutta vaativissa kohteissa mittaukset on suunniteltava huolella ja suunnitelmat on tarvittaessa hyväksyttävä tilaajan edustajalla ennen mittaukseen ryhtymistä.

### 9.3.3 Laadun dokumentointi

Karkea mittausdata (jota ei ole käsitelty millään tavalla) on liitettävä tilaajalle luovutettavaan materiaaliin kohteen nimellä varustettuna, jotta havainnoista on tarvittaessa myöhemmin mahdollista laskea tulokset uudelleen.

Mittauksista on pidettävä päiväkirjaa, josta käyvät ilmi olosuhteet mahdollisimman tarkasti, luotujen mittaustiedostojen nimet, mittauksen suorittajat, kaluston tiedot, kaluston tarkistuksesta sekä orientoinnista saadut tiedot sekä mittaustulosten analysointi.

## 9.4 Tulokset

Mittaustyöstä vastaava henkilö vastaa mittausprojektin sopimuksen mukaisista paikkatietojen laatumittauksista ja raportoinnista.

Paikkatietoon perustuvat laadunvarmistusraportit sisältävät seuraavat tiedot:

- RHK:n tilausnumero
- laatumittauksen kohde ja sijainti
- laatumittausmenetelmät sekä otos- tai tarkasteluväli
- mittaustulokset, määrät ja yksiköt
- mittaustarkkuus ppm tai muu sovittu yksikkö
- havaitut poikkeamat
- muutospäivitykset
- mittauksen suorittajat ja vastuuhenkilön allekirjoitus.

Laatumittausten raportointi on oikea-aikaista, joka mahdollistaa ennalta ehkäisevän tai korvaavan toiminnan. Raportointi on kirjallista, mutta tilanteesta riippuen voidaan käyttää myös suullista raportointia. Suullisesta raportoinnista laaditaan jälkikäteen kirjallinen raportti tai muistio.

## 9.5 Dokumentointi

Laatumittauksissa on noudatettava sopimuksen mukaista sekä mittaus-suunnitelmassa määrättyä raportointimenettelyä ja asiakirjat käsitellään tilaajan toimintajärjestelmän mukaisessa järjestyksessä.

**VIITTEET**

- /1/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO) osa 2 Radan geometria, Ratahallintokeskus
- /2/ www.rhk.fi
- /3/ Maastomallimittaukset TIEL 2140008, Tielaitos 1994
- /4/ Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset (TYLT), TIEL 2212454-93
- /5/ Numeerisen kartoituksen maastomittausohje, Teknillinen korkeakoulu, Geodesian laboratorio 1991
- /6/ Kaavoitusmittausohjeet 2003, Maanmittauslaitoksen julkaisu n:o 94
- /7/ Laki kiinteän omaisuuden ja erityisten oikeuksien lunastamisesta (603/77)
- /8/ Tietoomituksen tuotteiden laatuvaatimukset ja prosessikuvaukset, Tielaitos 1999
- /9/ Radan suunnitteluohje, Ratahallintokeskus 2000
- /10/ Kaavan pohjakartta 1997, Maanmittauslaitoksen julkaisu n:o 85
- /11/ Maastomallin mittausohje, 1262/731/2003, Ratahallintokeskus
- /12/ Suositukset Suomessa tehtävälle mittaus- ja kartoitusilmakuvaukselle/ FKS 1995
- /13/ Digitaalisten ilmakuviin käyttö/ FKS 1/1998
- /14/ Suositus tien rakennussuunnitelman mittausaineistoksi (luonnos). Tilattavissa Tiehallinnon julkaisumyynnistä.
- /15/ Ehdotus sillan rakennepisteiden koodaamiseksi (luonnos). Tilattavissa Tiehallinnon julkaisumyynnistä.
- /16/ Tiensuunnittelutiedon ATK-arkistosuositus, Tielaitos 1997
- /17/ Xroad, käyttäjän opas, siirtotiedostot, Tielaitos 12.12.1994
- /18/ Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset (SYL), Tiehallinto 2002
- /19/ Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL), Ratahallintokeskus.

- 1 Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL)  
Osa 6 Kalliorakennustyöt
- 2 Ratatyöntekijöiden pätevyysvaatimukset (korvattu C1-julkaisulla 10.2.2000)
- 3 Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL)  
Osa 4 Kuivatustyöt
- 4 Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL)  
Osa 3 Perustamis- ja vahvistamistyöt
- 5 Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL)  
Osa 5 Maaleikkaus- ja pengerrystyöt
- 6 Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL)  
Osa 2 Alustavat työt
- 7 Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL)  
Osa 1 Yleinen osa
- 8 Päälysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset (PYL), Osa 2 Raidetyöt
- 9 Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL)  
Osa 8 Alitukset
- 10 Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL)  
Osa 9 Pylväsperustukset
- 11 Raideseppelin tekniset toimitusehdot
- 12 Ratatyöntekijöiden pätevyysvaatimukset
- 13 Rautatiesiltojen yleiset laatuvaatimukset (SYL-R)
- 14 Johtoteiden yleinen työselitys

RATAHALLINTOKESKUS  
KAIVOKATU 6, PL 185  
00101 HELSINKI

Lisätietoja: Investointiyksikkö Harri Yli-Villamo, puh.(09) 5840 5040, harri.yli-villamo@rhk.fi  
Julkaisujen myynti: VR Kirjapaino, puh. 0307 25874, faksi 0307 25826