

Annukka Kiiski

**KAAVAN POHJAKARTOITUS-  
PROSESSI JA SEN KEHITTÄMINEN  
MIKKELISSÄ**  
Tikkalan alue

Opinnäytetyö  
Maanmittaustekniikka


Toukokuu 2010




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  7.5.2010
<b>Tekijä(t)</b> Annukka Kiiski		<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> <b>Maanmittaustekniikka</b>
<b>Nimeke</b> Kaavan pohjakartoitusprosessi ja sen kehittäminen Mikkelissä		
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Työssäni käyn läpi Mikkelin kaavan pohjakartan tekoprosessin ja siihen liittyvää laadunvarmistusta ja sen dokumentointia. Lisäksi erittelen Mikkelin kaupungin ja konsultin tekemät työvaiheet ja käsittelen kaavoitukseen ja kaavan pohjakarttaan liittyvää teoriaa.</p> <p>Tarkoituksena oli selvittää pohjakartoitusprosessin kehittämistarpeet Mikkelissä Tikkan hankkeen perusteella. Tikkalassa käytettiin ensimmäistä kertaa GPS-laitteistoa mittauksissa, ja tämän muutoksen johdosta oli hyvä tarkastella prosessin etenemistä ja laatua. Mikkelissä on monen vuosikymmenen tieto ja taito pohjakarttojen uudiskartoitusten hankinnoissa, mutta kokenut apulaiskaupungingeodeetti jäi eläkkeelle vuoden alusta, eikä hänen kokemustaan ole siirretty paperiseen muotoon laatukäsikirjaksi.</p> <p>Lopputuloksena totesin, että Mikkelissä kaavan pohjakartan hankinta ja maastotyöt hoituvat hyvin rutiinilla, ja pohjakartan laatu ja prosessin aikainen laadunvarmistus toimivat hyvin. Kuitenkin, muuttuvat menetelmät ja laitteet sekä tietysti mahdolliset työntekijöiden vaihdokset antavat aiheita kattavan laatukäsikirjan laatimiselle.</p> <p>Työstäni saa kattavan kuvan kunnan uudiskartoituksen hankinnasta ja konsultin ja tilaajan rooleista projektissa, sekä pohjakartan roolista kaavoitustyössä. Lisäksi siitä voi ottaa vinkkejä laadunvarmistuksen kehittämiseen ja laatukäsikirjan laadintaan.</p>		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> kaava, kaavoitus, pohjakartta, uudiskartoitus, laadunvarmistus, hankintamenettely, konsultti		
<b>Sivumäärä</b> 39 s. + liitteet 4 kpl	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Pekka Saikko		<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  7.5.2010	
<b>Author(s)</b> Annukka Kiiski		<b>Degree programme and option</b>  Surveying	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  Improvement and theory of the base map process in Mikkeli			
<b>Abstract</b>  <p>A base map must be done and approved before a city plan can be legally drawn on it. This thesis looks into the process of creating a base map in Mikkeli and how it should be improved. The process starts with request for offer to hire a consultant to actually make the map and the employer (city of Mikkeli) then checks the map both visually and technically. Both the employer and the consultant have their own roles in the process, which is also pointed out in the text.</p> <p>The basic idea was to put together the whole process and see if there's anything to improve in the phases carried out by the employer. I found out that Mikkeli has long experience with maps and their work is based on routines, which doesn't, however, affect the quality. But there are new measuring methods and equipment and therefore a thorough manual consisting of basic theory and technical challenges would be useful.</p>			
<b>Subject headings, (keywords)</b>  map, planning, city plan, photogrammetry, consultant			
<b>Pages</b> 39 + 4 appendices		<b>Language</b> finnish	
<b>URN</b>			
<b>Remarks, notes on appendices</b>			
<b>Tutor</b> Pekka Saikko		<b>Bachelor's thesis assigned by</b>	

# SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	1
2 KAAVAN POHJAKARTTA.....	1
2.1 Kaavoitus.....	2
2.1.1 Kaavoitusprosessi .....	3
2.2 Maastotiedon keruu .....	4
2.2.1 Kartoitustehtävien hankinta .....	5
2.2.2 Fotogrammetriset työt.....	8
2.2.3 Geodeettiset mittaustyöt .....	9
2.2.4 Julkisen hallinnon suositukset .....	16
2.3 Laadunvarmistus .....	16
3 POHJAKARTOITUKSEN TYÖPROSESSI TIKKALAN HANKKEESSA .....	17
3.1 Konsultin hankinta tarjouspyynnöllä.....	18
3.1.1 Tarjouspyynnön sisältö .....	19
3.1.2 Tarjouspyyntöjen vastaanotto .....	19
3.1.3 Konsulttisopimus .....	19
3.2 FM-International Oy.....	20
3.2.1 Konsultin laadunhallinta.....	20
3.3 Työsuunnitelma.....	21
3.3.1 Tehtävän yleismäärittely.....	21
3.3.2 Työnjako tilaajan ja konsultin välillä.....	21
3.3.3 Laadunvarmistuksen dokumentit.....	22
3.4 Runkopisteet.....	22
3.4.1 Mittaus .....	23
3.4.2 Dokumentit ja laadunvarmistus .....	23
3.5 Ilmakuvaus ja stereodigitointi .....	24
3.5.1 Laserkeilaus .....	24
3.5.2 Dokumentit ja laadunvarmistus .....	25
3.6 Rajamerkkien kartoitus .....	26
3.6.1 Maastotyöt .....	26
3.6.2 RTK-menetelmä .....	27
3.6.3 Arkistotutkimukset .....	27

3.6.4 Dokumentit ja laadunvarmistus .....	27
3.7 Tarkistusmittaukset .....	28
3.7.1 Käyrätarkistukset .....	28
3.7.2 Rakennusten sijaintitarkistusmittaukset.....	29
3.7.3 Dokumentit ja laadunvarmistus .....	29
3.8 Täydennyskartoitus .....	29
3.8.1 Dokumentit ja laadunvarmistus .....	30
3.9 Pohjakartan tarkastaminen ja hyväksyminen .....	30
3.9.1 Valmis kartta.....	31
3.9.2 Dokumentit ja laadunvarmistus .....	31
4 LAADUNVARMISTUKSEN KEHITTÄMINEN.....	31
4.1 Hankintamenettelyssä huomioitavaa.....	31
4.2 Pohjakartan viimeistely .....	32
4.3 Maastotöiden laatu .....	33
4.4 Laserkeilaus.....	33
5 POHDINTA.....	34
LÄHTEET .....	36
LIITTEET	

## KÄSITTEITÄ

GPS-mittaus	GPS (Global Positioning System) – mittaus perustuu satelliittien avulla määritettävään sijaintitietoon.
Fotogrammetria	Ilmakuvaukseen perustuva kartoitusmenetelmä.
Laserkeilaus	Laserkeilauksessa ympäristö kuvataan etäisyyshavainnoista tehdyllä 3-ulotteisella pistepilvellä, jossa jokaisella pisteellä on xyz-koordinaatit. Maastokartoituksessa tehdään yleensä ilmasta käsin.
Maastomalli	Alueesta mitattu kolmiulotteinen korkeusmalli, josta näkyy maastonmuodot. Käytetään suunnittelutöissä.
Ortokuva	Oikaistu ilmakekuva, vastaa geometrialtaan karttaa.
Runkopiste	Kiinteästi maastoon rakennettu tunnettu piste, jolta tiedetään tasokoordinaatit, korkeus tai molemmat.
Runkoverkko	Runkopisteiden muodostama kokonaisuus.
Signalointi	Runko- tai tukipisteen tai kartoitettavan rajamerkin päälle rakennetaan valkoinen ”plus-merkki” sen erottamiseksi ja kartoittamiseksi ilmakekuvasta.
Takymetri	Maastomittauksessa käytettävä mittalaite, jolla voidaan mitata kulmia ja etäisyyksiä ja sitä kautta määrittää koordinaatteja.
Tukipiste	Maastoon rakennettu ja signaloitu tunnettu piste. Tukipisteitä käytetään fotogrammetrisissa mittauksissa.

## 1 JOHDANTO

Halusin tehdä opinnäytetyön Mikkelin kaupungille, sillä olin siellä kesätyöntekijänä kolmena kesänä ja se koulutti minut kaupunkimittauksen perusteisiin käytännössä. Opinnäytetyön aiheena on kaavan pohjakartan prosessi ja kehittäminen Mikkeliissä, sillä toimin vuonna 2009 pohjakartan maastotöissä ja halusin tutustua prosessiin kokonaisuudessaan.

Työssäni selvitän kaavan pohjakartan laatimista Mikkelin kaupungissa sekä kartoituksen laadunvarmistusta. Esimerkkitapauksena on Tikkalan alue Mikkeliissä, jonne tehtiin kaavan pohjakartta vuosina 2008 ja 2009. Tikkalaan on tarkoitus laatia asemakaava teollisuusaluetta varten.

Opinnäytetyössäni haen vastauksia kysymyksiin: Mitä kaavan pohjakartta on käsitteenä? Miten sen laatu määräytyy Mikkelin kaupungissa? Mitkä ovat sen eri työvaiheet koskien konsulttia ja kaupunkia? Prosessin läpikäynnin lisäksi käsittelem eri vaiheiden laadunhallintaa. Lopuksi annan kehitysehdotuksia kaupungin nykyiseen käytäntöön.

Yleensä kaavan pohjakartta toteutetaan ilmakuvauksella ja siitä stereodigitoinnilla. Tässä hankkeessa erityispiirteenä oli, että konsultti teki kuvauksen yhdessä laserkeilauksen kanssa. Lisäksi rajamerkit kartoitettiin kaupungin toimesta ensimmäistä kertaa GPS:llä.

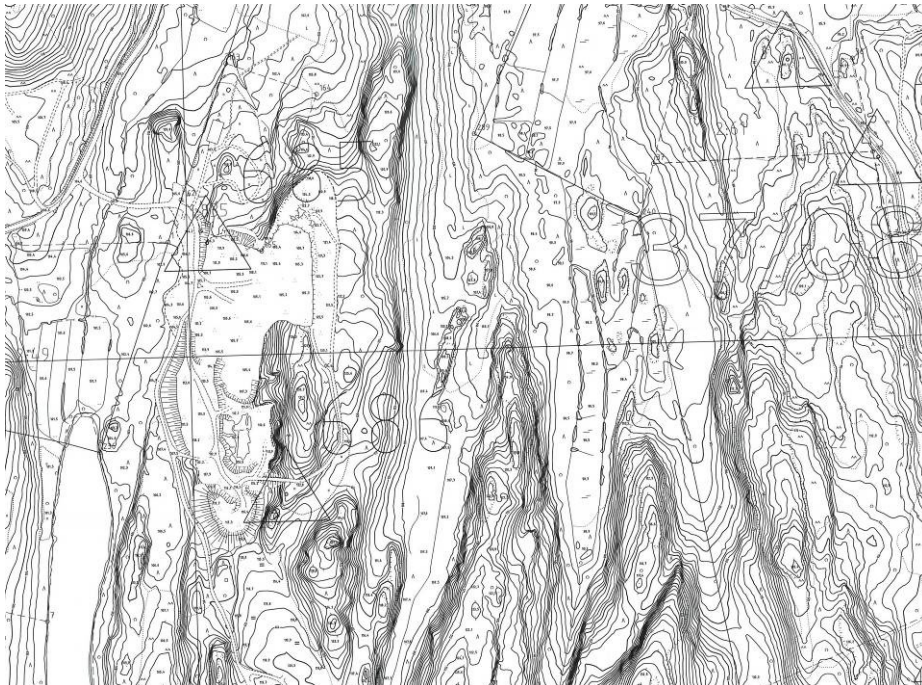
## 2 KAAVAN POHJAKARTTA

Kaavan pohjakartta tehdään kohdealueelle laadittavaa asemakaavaa varten. Pohjakartasta tulee näkyä maasto ja vesistöt, korkeussuhteet, olemassa olevat rakennelmat, liikenneyhteydet, kiinteistöjaotus, johdot, nimistöt (paikannustiedot) sekä käyttöoikeus- ja rajausalueet (esim. suojelualueet). Huomattavaa on, että asemakaavaa ei voida hyväksyä ja täten lainvoimaistaa ennen täysin hyväksyttyä pohjakarttaa.

Kaavoitusmittausohjeiden (2003) mukaan pohjakarttana voi olla numeerinen, vektorimuotoinen karttatietokanta, josta on voitava tulostaa viivapiirros kaavan pohjakar-

taksi. Tulosteen on täytettävä Kaavan pohjakartta 1997 julkaisun vaatimukset tai valvojan vastaavat vaatimukset. Se voi olla myös ortokuva, joka on täydennetty tarpeellisilla viivamerkinnoillä. Pohjakartta voi olla myös numeerinen ja rasterimuotoinen, jolloin se on tulos skannatusta graafisesta kartasta, tai pelkästään graafinen, jolloin se on vain tulostettu viivapiirros tai perinteisillä menetelmillä valmistettu kartta. [1, s. 29–30]

Pohjakarttoja on eri mittakaavaisia ja eri tarkkuuksilla, sillä asemakaavan alueen tärkeys ja siten tarkkuus voi olla enemmän tärkeä, kuten keskellä kaupunkialuetta, tai vähemmän tärkeä, kuten syrjäisemmällä ja harvemmillä alueilla.



**Kuva 1. Ote pohjakartasta Tikkalan alueelta.**

## **2.1 Kaavoitus**

Kaavoitus on maankäytön suunnittelua. Kaavoittajat tarvitsevat tarkkoja kaavoja laatiessaan pohjalle tiedoksi tarkan kuvan maaston nykytilasta. Suurissa kaavamutoksissa tulee aina olla tuoreimmat tiedot maaston tilasta ja kiinteistöjaosta, mutta pienemmissä muutoksissa voidaan toimia hieman vanhemmalla pohjakartalla, kiinteistöjaotuksen tulee kuitenkin olla aina ajan tasalla. Maankäyttö- ja rakennuslain 20§ mukaisesti kunnassa tulee olla pätevä kaavoittaja.



Kaavoittaa voidaan yleisellä tasolla ohjaamalla alueiden käyttöä, tai yksityiskohtaisella, enemmän määrävällä tasolla. Yleisiä ohjaavia kaavoja ovat maakuntaliittojen suunnittelemat maakuntakaavat sekä kuntien itse laatimat yleiskaavat, jotka ohjaavat pääpiirteisesti alueiden käyttöä. Nämä kaavat voivat toki olla myös kokonaan tai osin oikeusvaikutteisia eli sitovia. Asemakaava on yksityiskohtainen ja yleensä oikeusvaikutteinen kaava, joka sisältää tarkan tonttijaon, alueiden käyttötarkoitukset ja rakennusmääräyksiä.

### 2.1.1 Kaavoitusprosessi

Kaavoitus lähtee aina tarpeesta, ja aloite voi tulla kunnalta, sen asukkailta, tai yritykseltä joka tarvitsee toimitilaa kaavoittamattomalta alueelta. Kunnissa tarve on yleensä asunto- ja teollisuus- sekä yritysalueiden lisäys, asukkaiden aloitteesta taas saatetaan tehdä esimerkiksi asumisviihtyvyyttä lisääviä kaavamutoksia.



**Kuva 2. Kaavoitusprosessi**

Prosessi alkaa kaavaluonnoksen tekemisellä ja osallistumis- ja arviointisuunnitelman (OAS) laatimisella. OAS sisältää tiedot kaavan arvioiduista vaikutuksista, sen osalliset eli kehen kaava vaikuttaa sekä tarkat tiedot vaiheista, jolloin osalliset voivat kaavaan vaikuttaa. Aloitusvaiheessa kaava tulee vireille, ja OAS on nähtävillä määrätyn ajan (se myös yleensä lähetetään tärkeimmille osallisille), jolloin siitä saa antaa palautetta.

Valmisteluvaiheessa kaavasta tehdään luonnoksia ja tarvittavia selvityksiä, jonka jälkeen kaavaluonnos tai mahdolliset luonnokset laitetaan esille, ja kaavaluonnoksesta saa esittää mielipiteitä. Ehdotusvaiheessa kaavaehdotus jätetään kaupunginhallituksen käsittelyyn ja asetetaan virallisesti nähtäville, jolloin siitä voi jättää muistutuksen kaupunginhallitukselle. Hyväksymisvaiheessa kaupunginhallitus on käsitellyt kaavan ja valtuusto hyväksyy sen. Tässä vaiheessa valitukset jätetään jo hallinto-oikeuteen. [2]

## 2.2 Maastotiedon keruu

Koska asemakaava vaatii pohjaksi tuoreen tiedon maastosta ja kiinteistöjaosta, ei asemakaavaa voida tehdä ilman alustavia maastotöitä. Joko olemassa oleva pohjakartta täytyy tarkistaa ja tarpeelliset tiedot päivittää (mm. muuttuneet kiinteistöjaot), tai alueelta puuttuva pohjakartta tehdään kokonaan uudestaan eli alue ns. uudiskartoitetaan.

Kartoitusprojekti sisältää työsuunnitelman, aikataulun, resurssivaraukset sekä kustannusarvion. Kartoitusprosessi taas sisältää työmenettelyt kartan valmistamiseksi. Projekti on valmis, kun kartta on valmis ja vastaa sille asetettuihin vaatimuksiin. Tällöin sekä asiakas (kartan käyttäjä) ja tuottaja (kartan tekijä) ovat tyytyväisiä lopputulokseen. [3]

Projekti etenee pääpiirteittäin näin:

1. Tarjouspyyntö, johon liitetään selvitykset kartan tekemisen kannalta tärkeistä aineistoista sekä muista mittaustarpeista sekä mm. asiakkaan tiedostoformaattit.
2. Työsuunnitelma sisältää mm. aikataulun ja työnjaon asiakkaan ja tuottajan välillä.
3. Alue kuvataan. Lentokorkeus on 600 m, kuvausmittakaava 1:4000, kuvataan värikuvina. Kuvausmittakaava määrää lentokorkeuden.
4. Pistetihennys.
5. Stereokartoitus, joka voidaan tehdä joko analogiakojeella, analyyttisellä stereokartoituskojeella tai digitaalisella stereokartoituskojeella. Kojeille tulee tehdä kuntotestit säännöllisesti.
6. Maastotäydennykset, mm. kartalta puuttuvat kohteet peitteisiltä alueilta.
7. Kartta editoidaan, paikkatietoaineisto muokataan ja kartta lopulta tulostetaan.

8. Kartan tarkistus graafisesti ja numeerisesti, numeerinen tehdään heti stereotyön jälkeen. Kartta tulostetaan sekä graafisesti että numeerisesti.[3]

### **2.2.1 Kartoitustehtävien hankinta**

Kaavoitusta, kaavoitusmittauksia, kartoitustehtäviä sekä niiden hankintaa ohjaa joukko lakeja, asetuksia ja ohjeita, joista osa on virallisia ja osa epävirallisia käytännön ohjeita. Tässä käyn läpi niistä keskeisimmät.

#### **Maankäyttö- ja rakennuslaki**

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) ohjaa alueiden suunnittelua, rakentamista ja käyttöä niin, että luodaan hyvä elinympäristö sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävää kehitystä. Laissa mainitaan kaikki kaavat, sekä mitä niiden tulee sisältää. Lain pykälä 206 toteaa tarkemmista säännöksistä, joita asianomainen ministeriö voi halutessaan antaa, sekä Maanmittauslaitoksen voivan antaa tarkempia säännöksiä teknisistä mittauksista. [4]

#### **Kaavoitusmittausasetus**

Kaavoitusmittausasetus (1284/1999) on säädetty pykälän 206 nojalla, ja se sanoo, että asemakaavan täytyy perustua ko. asetuksessa säädettyyn mittaukseen ja pohjakarttaan [5]. Asetuksen pykälät kolmesta kuuteen ovat teknisiä säännöksiä:

3 § ”Kaavoitusmittauksen tulee perustua runkopisteisiin.”

4 § ”Kaavoitusmittauksessa on käytettävä valtakunnallista koordinaatti- ja korkeusjärjestelmää, jolleivät erityiset syyt muuta vaadi.”

5 § ”Kaavan toteuttamista ja kaavoitusta varten tarpeellisiksi katsottavat yksityiskohdat on mitattava kohteen ja valmistettavan kartan mittakaavan edellyttämällä tarkkuudella.

Maanpinnan korkeussuhteet on kuvattava kartassa korkeuskäyrillä ja korkeuspisteillä. Korkeussuhteet voidaan lisäksi esittää muulla havainnollisella tavalla. ”

6 § ”Pohjakartta on laadittava yleisiä kartan kuvausperiaatteita noudattaen.

Kaavan pohjakarttana tulee käyttää maastoa kuvaavaa karttaa. Kartta voi olla viivamerkintöihin perustuva kartta (*viivakartta*). Se voi olla myös kartta, joka koostuu vastaavalla tarkkuudella tehdyistä ortogonaaliprojektiossa olevista ilmakuvista sekä tarpeellisista viivamerkinnöistä (*ilmakuvakartta*). Ilmakuvakartassa on osoitettava vähintään maanpinnan korkeussuhteet sekä viivamerkinnöin kiinteistöjaotus, rakennukset ja tiet, tarpeellinen nimistö sekä merkittävät johdot.” [5]

### *Pohjakartan tarkastaja*

Kaavoitusmittausasetus 1284/1999 ja 7§:

”Maanmittauslaitos valvoo kaavoitusmittauksia.

Jos kunnan käytössä on teknillisen korkeakoulun maanmittausosastolla tehtävään soveltuvan diplomi-insinöörin tutkinnon suorittaneen, kaavoitusmittauksiin käytännössä perehtyneen viranhaltijan palvelu, valvoo tällainen viranhaltija 1 momentissa säädetystä poiketen kunnassa suoritettavaa kaavoitusmittausta.

Maanmittauslaitos voi kuitenkin kunnan hakemuksesta ottaa valvottavakseen yksittäisen kaavoitusmittauksen.

Lisäksi Maanmittauslaitos voi kunnan hakemuksesta siirtää määräämässään laajuudessa sanottuja valvontatehtäviään ammattikorkeakoulussa tai teknillisessä oppilaitoksessa tehtävään soveltuvan insinöörin tai teknikon tutkinnon suorittaneelle ja kaavoitusmittauksiin käytännössä perehtyneelle kunnan palveluksessa olevalle viranhaltijalle.” [5]

### **Hankintalaki**

Julkisyhteisöjen, kuten valtion, kuntien ja kuntaliittojen on pääsääntöisesti kilpailutettava hankintansa. Hankintamenettelyä ja tarjouspyyntöä määrää Laki julkisista hankinnoista (348/2007).

Lain tavoitteena on tehostaa julkisten varojen käyttöä, edistää laadukkaiden hankintojen tekemistä sekä mahdollistaa yrityksille tasapuoliset mahdollisuudet tarjota palvelu-

jaan tarjouskilpailuissa. Hankintayksikön on kohdeltava menettelyyn osallistujia tasapuolisesti. [6]

### **Yleiset konsulttisopimusehdot KSE 1995**

Suomen Konsulttitoimistojen Liitto SKOL ry, Suomen Arkkitehtiliitto ry ja Suomen Rakennuttajaliitto ry RAKLI ovat yhdessä laatineet ja sopineet yleisistä konsulttisopimusehdoista. Ehdossa määritellään tilaajan ja konsultin asemat ja heidän vastuunsa, keskinäinen yhteydenpito, veloitusperusteet, asiakirjat, aikataulut sekä sopimukseen liittyen sen purkaminen, siirtäminen, sopimusasiakirjojen keskinäinen järjestys ja erimielisyyksien ratkaiseminen [7].

Konsulttisopimuslomake RT 80252 liittyy näihin ehtoihin, ja sopimuksen eri kohdissa on mainittu mihin KSE 1995 ehtoon kukin kohta viittaa. Sopimuksessa määritetään hanke ja tehtävä, osoitetaan tilaajaorganisaatio ja konsultti sekä heidän edustajansa sopimuksellisissa ja teknisissä asioissa sekä käytettävät alikonsultit, sovitaan luovutettavat perustiedot, määritetään asiakirjojen pätevyysjärjestys, tietojen säilyttäminen, konsultin vastuu, palkkio- ja maksuperusteet, aikataulu sekä tekijänoikeudet ja sopimukseen liittyvien erimielisyyksien ratkaiseminen ja sovitaan sopimuksen irtisanomisehdoista. [8]

### **Kuntaliiton ohjeet kartoitustehtävien hankintaan**

Kuntaliitto on antanut ohjeistukset kartoitustehtävien hankintaan (Paikkatiedon opas) sekä konsultin käyttöön kaavoituksessa, mutta ohjetta voi myös soveltaa muihin konsulttitehtäviin. Nämä ohjeet eivät ole suosituksia, vaan ne on koottu helpottamaan kunnan hankintoja. Paikkatiedon opas sisältää oleellisen alkaen paikkatiedon määrittelystä ja siihen liittyvästä lainsäädännöstä hankintamenettelyihin ja lopulta lopputuotteen määrittelyyn.

Paikkatietoaineiston hankintaoppaassa käydään läpi tarjouspyyntömenettely, työohjelman ja työsuunnitelman sisällöt, lopputuotteiden määrittely, aikataulutukset sekä tiedostojen siirto. Kuntaliitto kehottaa jo tarjouspyynnössä selvittämään konsultin laatu-

järjestelmää, ja ohjeissa käydään selkeästi läpi myös tiedostoformaatteja liittyen mm. lopputuotteiden siirtämiseen konsultilta tilaajalle. [9]

”Konsultin käyttö kaavoituksessa” sisältää yksityiskohtaisemmin tarjouspyyntöön ja kilpailutukseen liittyviä säännöksiä, ja se onkin tarkoitettu enemmän kunnan virkamiehille ja asiantuntijoille. [10]

### **2.2.2 Fotogrammetriset työt**

Fotogrammetrian ja Kaukokartoituksen Seura (FKS) ry on julkaissut ohjeen ”Suositukset Suomessa tehtävälle mittaus- ja kartoitusilmakuvaukselle” (julkaisu nro 1/1995), tarkoituksena helpottaa ilmakuvausten tilaamista ja poistaa epäselvyyksiä tilaajan ja kuvaajan väliltä. [11]

Ilmakuvausta tilattaessa on kuvattavista alueista tehtävä selkeät rajaukset ja niiden sijainti Suomessa on ilmoitettava. Kuvattavasta kohteesta ilmoitetaan käyttötarkoitus ja sovitaan kuvausmittakaava. Ilmakuvaus suoritetaan yleensä 60 % pituus- ja 30 % sivupeittoa käyttäen, tarkemmista mittauksissa ja kameran asetusten salliessa kyseen tulevat myös 60 % sivu- ja 80 % pituuspeitot. Kameran tulee olla kalibroitu mittakamera ja tavallisissa kartoituskuvauksissa käytetään laajakulmaobjektiveja. Kameran filmityyppistä sovitaan erikseen, värikuvauksen tulkittavuus on suurikaavaisessa mittauksessa kuitenkin parempi. Signaloinnista sovitaan myös erikseen. [11]

Ilmakuvaus suoritetaan kuvaussuunnitelman mukaisesti, ja suunnitelmaa laadittaessa on otettava huomioon kuvaustarkoituksen vaatimukset ja olosuhteet. Lentokorkeus valitaan kuvausmittakaavan mukaan niin, että mittakaava toteutuu valitulla kameralla. Ohjeissa on myös määritelty lentosuunnat ja olosuhteet sekä kuvaustoleranssit. Liitteenä näissä ohjeissa on lisäksi yksityiskohtainen taulukko ristisignaalien koosta eri mittakaavoissa. [11]

Ohjeiden laatuvaatimuksissa käydään läpi ilmakuvausfilmin, valotuksen ja kehityksen vaatimukset, sekä originaalifilmin kunto ja kuvanlaatu. Kuvauksen dokumentoinnille on selkeät vaatimukset mitä tulee kirjata kuvausselostukseen, originaalikuviin ja kuvarekisteriin. Laadunvalvonnasta todetaan, että kuvauksen suorittajan täytyy varmistaa

toiminnan taso säännönmukaisin menetelmin. Jokaisesta kuvauksesta on laadittava laaturaportti, jonka tulisi sisältää vähintään ohjeissa mainitut asiat. [11]

Tilaajalle tulisi toimittaa aina kuvausselostus ja laaturaportti, erikseen sovittaessa voidaan toimittaa mm. pintakopiot, kameran kalibrointitodistus ja kuvausta koskevat asiakirjat. [11]

### **2.2.3 Geodeettiset mittaustyöt**

Maastossa tehtäviin mittauksiin on joukko ohjeita, joista yleisin on virallinen Maanmittauslaitoksen julkaisu Kaavoitusmittausohjeet (2003) ja siihen liittyvä Kaavan pohjakartan karttakohdemalli. Lisäksi on epävirallisia ohjeita, kuten Tiehallinnon antamat maastotietojen hankintaohjeet (Maastotietojen hankinta, toimintaohje) sekä ”Numeerisen kartoituksen maastomittausohjeet”, joka on Geodesian laboratorion julkaisu. Näitä epävirallisia ohjeita käytetään usein referenssinä, sekä käytännön standardina maanmittauksessa konsulttitöissä.

Tiehallinnon julkaisu käsittelee tiesuunnittelua ja siihen liittyviä mittauksia, joten ohjeissa käsitellään runkomittaukset, kiinteistörajojen määrittelyt, kartoitus ja ilmakuvaus, mutta myös maaperätutkimukset, näytteenotot ja maastomalli. Runkomittausten, kiinteistörajojen ja kartoituksen osalta laadunvarmistus ja dokumentointi ovat kuitenkin yleisiä ohjeita ja soveltuvat myös pohjakartoituksen laadunvarmistuksen malliksi.

Runkomittauksen laadunvarmistuksen dokumenteiksi katsotaan pisteille kirjatut laatuvaatimukset, runkomittaussuunnitelma ja laatu- ja poikkeamaraportit. Kiinteistöjen laadunvarmistuksen dokumentteihin kuuluvat olemassa olevien kiinteistötietojen laadudokumentit, selvitys kartoitusta vaativista rajoista ja luettelo hävinneistä rajamerkeistä. Kartoituksen ja ilmakuvausten laadunvarmistus sisältää kartoitussuunnitelman, ilmakuvausten ja laserkeilauksen suoritustiedot, selvitykset mittaamatta jääneistä alueista sekä mahdolliset laaduntarkastuksen dokumentit. [12]

## **Kaavoitusmittausohjeet 2003**

Tässä kohtaa käyn läpi kaavoitusmittausohjeita. Ne ovat maankäyttö- ja rakennuslaissa pykälässä 206 mainitut tarkemmat säännökset, jotka Maanmittauslaitos voi halutessaan antaa. Maanmittauslaitos on antanut kaavoitusmittauksen teknistä suorittamista koskevat määräykset ja suositukset Maanmittauslaitoksen julkaisussa nro 94 vuonna 2003. Kaavoitusmittausohjeita ollaan juuri uusimassa, mutta tämän työn aikana vuoden 2003 julkaisu on edelleen voimassa ja työ perustuu siihen. Laserkeilausta ei tässä julkaisussa vielä mainita.

Kaavoitusmittausohjeet sisältävät kaavoitusmittauksiin liittyviä teknisiä määräyksiä ja suosituksia. Kaavoitusmittaus tarkoittaa asemakaavan pohjakarttaa sekä tonttijaon pohjakarttaa varten suoritettavia mittauksia ja itse kartan laatimista. Kaavoitusmittauksella kerätyt tiedot jäävät myös kuntien teknisen suunnittelun sekä kiinteistötoimistusten käyttöön. [1, s. 3.]

Mittauksia suorittavien henkilöiden on oltava ammattitaitoisia ja mittaukset on suoritettava kaavoitusmittausohjeita ja hyvää mittaustapaa käyttäen. Mittalaitteiden on oltava tarkkuudeltaan työhön sopivia, asianmukaisesti huollettuja ja kalibroituja. [1, s. 3.]

## **Kartoitusalueet ja tietojen ajantasaisuus**

Kartoitusalueet jaetaan kolmeen mittaluokkaan, jotka määräävät mittaus- ja kuvaus-tarkkuuden (liite 1). Mittausmenetelmää ja kartan mittakaavaa valittaessa tulee ottaa huomioon alueella ennestään tehdyt kartoitukset sekä alueen laajuus ja luonne. [1, s. 5.]

Vanhettunutta karttaa ei saa käyttää pohjana kaavalle. Kartta on vanhentunut, jos siitä puuttuu maankäytön suunnittelun kannalta olennaisia yksityiskohtia, kuten kiinteistö-rajot, rakennuksia, teitä tai suurjännitelinjoja. Kartoitusalueella tapahtuneet vähäiset muutokset, kuten luonnon muutokset maastokuvioissa tai vähäpätöisten rakennelmien esiintyminen kartalla eivät estä vanhan kartan käyttöä. Kuitenkin kaikissa tapauksissa kiinteistöjaotuksen on oltava kartalla ajan tasalla. [1, s. 6.]



## **Runkoverkkojen mittaus**

”Kaavoitusmittauksessa on käytettävä valtakunnallista tai kunnan käytössä olevaa paikallista koordinaatti- ja korkeusjärjestelmää.” Valtakunnallisia koordinaattijärjestelmiä ovat kartastokoordinaattijärjestelmä kkj sekä ETRS89. Jos kunnassa on käytössä vanha valtion järjestelmä (vvj) tai muu kolmiomittaukseen perustuva järjestelmä, voidaan sitä käyttää. Satelliittimittauksen laskennassa käytetään joko WGS84- tai ETRS89 – järjestelmää. Valtakunnallinen korkeusjärjestelmä on N60. Mittauksessa voidaan kuitenkin käyttää kunnassa vakiintunutta korkeusjärjestelmää, N43, NN tai kunnan omaa paikallista järjestelmää. Omassa järjestelmässä on selvitettävä sen ero N60-järjestelmään. [1, s.6-7.]

Satelliittimittauksella määritettävän runkoverkon tasokiintopisteet suositellaan rakennettavaksi pistepareiksi, joiden välillä on näkyvyys. [1, s. 8.] Kaavoitusmittausohjeet sisältävät myös tarkkuusvaatimukset kaikille kiintopisteille sekä mittausten havainnolle ja tuloksille.

## **Ilmakuvaus**

Ilmakuvaus suoritetaan aina kuvaussuunnitelman mukaisesti. Kuvaussuunnitelmassa tulisi käydä ilmi ainakin seuraavat asiat: [1, s.16–17.]

- alueen sijainti
- kuvauksen käyttötarkoitus
- kuvauksen mittakaava, kuvauskorkeus ja alueen keskikorkeus
- käytettävät pituus- ja sivupeitot
- kuvauksessa käytettävä kamera
- ilmakuvausfilmin tyyppi
- signaaloinnin suorittaja ja sen laajuus
- kuvauksen aikataulu

Kaavoitusmittausohjeet käyvät lisäksi läpi käytettävän kaluston, mittakaavat, signaaloinnin sekä ilmakuvaukseen liittyviä tarkempia määrittämiä, kuten filmin prosessointia ja kuvien skannauksen vaatimuksia.

## **Mittausmenetelmät**

Takymetrilla voidaan kartoittaa kohteita, jotka vaativat suurta sijaintitarkkuutta, kuten rakennukset ja rajamerkit. Kartoitus voidaan tehdä tunnetulta kiintopisteeltä (perus- tai käyttökiintopiste), jolloin suuntaviuhkaan on otettava vähintään kaksi liitossuuntaa. Jos orientointiin käytetään suunnan lisäksi etäisyshavaintoa, voidaan käyttää vain yhtä liitospistettä. Vapaalta asemapisteeltä tulee ottaa suunta ja etäisyys vähintään kahteen kiintopisteeseen. Suositeltavin tapa on kolme kiintopistettä siten, että vapaa asemapiste on niistä muodostuvan kolmion sisällä. Mikäli lähtöpisteiksi sopivia kiintopisteitä ei ole riittävästi, on kiintopisteistöä tihennettävä, ja sitä mitattaessa on noudatettava kiintopisteiden mittauksista annettuja ohjeita. [1, s. 25]

Maastokartoitus voidaan suorittaa myös satelliittimittauksena maaston ja olosuhteiden salliessa. Käytettävien laitteiden on oltava mittausmenetelmään soveltuvia. Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus eli RTK-mittaus on menetelmä, jossa käytetään vähintään kahta vastaanotinta, joista toinen sijaitsee tunnetulla pisteellä (tukiasema) ja toista käytetään kartoitukseen. Vastaanottimien välillä on radio-, GSM- tai vastaava tiedonsiirtoyhteys. Tukiasemapisteinä käytetään kartoitusalueen pisteitä, joilla on hyvä satelliittinäkyvyys, tai sitten kiinteää tukiasemaa tai tukiasemaverkkoja. [1, s. 26]

Kartoitetuista rajamerkeistä vähintään 5 % on mitattava kahteen kertaan joko eri tukiasemaa käyttäen, tai samalta tukiasemalta riittävästi muuttuneella satelliittigeometrialla. Jälkimmäisessä tapauksessa myös alustus on tehtävä uudestaan. Uudelleen mitattavien rajamerkkien on sijaittava tasaisesti ympäri aluetta. Lisäksi RTK-mittauksessa on huomioitava erinäisiä asioita, ne käyn läpi prosessin aikana. [1, s. 26]

## **Kaavan pohjakartan tietosisältö ja esitysmuodot**

Kaavan pohjakartassa esitettävät kohteet sekä niiden esitystapa määritetään julkaisun Kaavan pohjakartta 1997 karttakohdemallissa, tähän palataan myöhemmin tekstissä.

Kaavan pohjakartasta tulee ilmetä voimassa oleva kiinteistöjaotus. Kaavoitusmittausohjeet sanovat näin: ”Maanmittauslaitoksen tai kunnan kiinteistörekisterikarttaa voidaan käyttää rajaelementin laadinnassa indeksikarttana. Vain niiltä osin kuin rekis-

terikartta täyttää esitetyt tarkkuusvaatimukset, sitä voidaan käyttää rajaelementtinä sellaisenaan.” Tarvittaessa kaavan pohjakartan tietosisältöä voidaan täydentää erillisellä johtoelementin aineistolla. [1, s. 29]

Kaavan pohjakartasta tulostetaan arkistokelpoinen mustavalkoinen viivakartta tai ilmakuvakartta karttalehdittäin, yleislehtijakoa tai muuta kunnassa käytössä olevaa lehtijakoa noudattaen.

Kaavan pohjakartta voi olla:

- numeerinen, vektorimuotoinen karttatietokanta, josta voidaan tulostaa viivapiirros
- ilmakuvakartta täydentävillä viivamerkinnoillä
- kuvausohjeen mukainen rasterikartta
- kuvausohjeen mukainen graafinen viivapiirros [1, s. 30.]

### **Mittauksen dokumentointi ja tarkistaminen**

Mittausta aloittaessa tulisi laatia työsuunnitelma, josta selviää yksityiskohtaisesti työn tekninen toteuttaminen. Suunnitelma toimitetaan valvojalle tarkastettavaksi, ja se käsitellään ennen työn aloittamista. Valvoja katsoo tarvitseeko suunnitelmaa muuttaa, tai vaatiiko se lisäyksiä. [1, s. 31]

Jos kunnalla on käytössään kaavoitusmittausasetuksessa pykälässä 7 mainittu valvoja, tämä suorittaa kaavoitusmittauksen tarkastuksen ja hyväksynnän.

Muuten kaavoitusmittauksen valvonnan ja tarkastamisen hoitaa Maanmittauslaitos.

Tilaustyönä tehtävästä kaavoitusmittauksesta laaditaan lisäksi työkertomus, josta selviää työvaiheet, käytetyt menetelmät ja muut oleelliset työhön liittyvät seikat. Työkertomus liitetään työkansioon, johon arkistoidaan myös muut asiakirjat. [1, s. 31.]

### **Kiintopistemittauksen ja kartan tarkastaminen**

Työsuunnitelmasta tarkastetaan, että suunniteltu mittaus on tavaltaan hyväksyttävä.

Mittauksen valmistuttua tarkistetaan, että suunnitelmasta ei ole oleellisesti poikettu ja että tulos on odotusten mukainen. Laskenta-aineistosta tulisi tarkastaa, että lähtökoor-

dinaatit ovat oikein, kaikki havainnot ovat laskuissa mukana ja että virheet ovat sallittujen rajojen sisällä. Maastossa kiintopisteiden säilyvyys ja pisteselitykset tulisi ainakin osittain tarkistaa. [1, s. 33]

Kartan tarkistus kohdistuu toisaalta tietosisältöön, toisaalta sijaintitarkkuuteen. Samalla myös kohteiden korkeudet selvitetään.

#### a) Kartan tietosisällön tarkastaminen

Kartan tietosisällöstä tarkastetaan kohteiden kattavuutta sekä kohteiden ominaisuustietojen laatua. Kartassa kuvattavat kohteet on kuvattu julkaisussa ”Kaavan pohjakartta 1997”.

Kohteiden kattavuus tarkoittaa kuinka kattavasti kohteet on havaittu ja tallennettu tiedostoihin karttakohdemallin mukaisesti. Kattavuutta osoittaa myös se, kuinka paljon maastossa olevia kohteita puuttuu kartalta (puuttuvat kohteet) ja kuinka paljon tiedostossa on kohteita, jotka eivät ole maastossa (ylimääräiset kohteet). Ominaisuustiedon laadulla tarkoitetaan taas sitä, onko tiedostoihin tallennetut kohteet oikein tyypitetty tai ovatko kohteita kuvailevat tiedot oikeita. [1, s. 33-34.]

Erityisen huolella tarkastetaan kiinteistöjaotus. Sen pitää olla sekä alueellisesti että kohteiden osalta täysin kattava. Kiinteistöjaotuksen voi tarkastaa kuvaruutukartalta sekä valmiin kartan paperitulosteilta. Lisäksi valvojalla täytyy olla käytössään signaointi- ja konseptikartat sekä muu aineisto jota on käytetty kiinteistöjaotuksen kartoituksessa.

#### b) Sijainti- ja korkeustarkkuuden tarkistaminen

Sijaintitarkkuus selvitetään tekemällä tarkistusmittauksia. Tarkistettavaksi valitaan kohteita, joille asetetut tarkkuusvaatimukset ovat kriittisiä ottaen huomioon valitut mittausmenetelmät. Samalla tarkistetaan kunkin kohteen korkeustieto. [1, s. 33–34.]

## **Kaavan pohjakartta 1997**

Kaavan pohjakartta 1997 Karttakohdemalli on käsikirja karttakohteiden mallinnuksesta sekä esitystavoista suurimittakaavaisissa kartoissa, ja se täydentää Kaavoitusmittausohjeita. Käsikirja pyrkii yhdenmukaistamaan suurimittakaavaista kartoitusta, tietojen kartografista esittämistä sekä numeerisesti kartoitettavan maastotiedon luokittelua. [13]

### **Karttakohdemalli**

Karttakohdemalli määrittää ja määrää kartassa kuvattavat kohteet. Mallissa esitetään symbolit, viivat, pisteet, tekstit sekä numeromerkinnät ja luetellaan ominaisuustiedot, jotka tallennetaan tietokantaan. [13, s.7]

Karttakohdemalli koskee tietotekniikan avulla tehtäviä kaavan pohjakarttoja, ja sen sisältöä voisi verrata määräyksiin kaavoissa käytettävistä kaavamerkinnöistä. Mallilla pyritään havainnolliseen ja selkeään karttaan, jossa esitetään tärkeät yksityiskohdat kaavoituksen kannalta. [13, s.7]

### **Tarkkuusvaatimukset**

Kaavan pohjakartan tarkkuusvaatimukset on ilmoitettu pistekeskivirheenä kullekin kohdetyypille. Kohteen sijaintiepävarmuudeksi tulee 2.5 kertaa pistekeskivirhe. [13, s.159]

Rajamerkit, joiden sijainti on todettavissa maastossa, on kartoitettava niin, ettei niiden pistekeskivirhe ylitä mittausluokasta riippuen seuraavia arvoja:

mittausluokka 1	0.12 m
mittausluokka 2	0.18 m
mittausluokka 3	0.25 m

Satunnaisotoksessa yli 2.5-kertaisia virheitä saa esiintyä korkeintaan 5 %.

Rajamerkki, jonka sijaintia ei voi todeta maastossa, sijoitetaan karttaan kadonneena rajamerkinä (=olotila: ei ole maastossa). Koordinaattien tarkkuus kadonneelle rajamerkille arvioidaan käytettävissä olevien tietojen perusteella.

Muiden yksityiskohtien sijaintikeskivirheet on esitetty taulukoissa, kullekin kohdetyypille oma lukunsa riippuen mittausluokasta. [13, s. 159]

#### **2.2.4 Julkisen hallinnon suositukset**

Mittaustyöohjeiden lisäksi ovat olemassa standardit ja ohjeet koskien koordinaatti-, korkeus- ja karttaprojektiojärjestelmien määrittämiä ja niiden käyttöä. Julkinen Hallinto on antanut ohjeet Suomessa käytettäville koordinaatti- ja karttaprojektiojärjestelmille, ja käyn ne tässä läpi lyhyesti.

JHS 153 ”ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa” määrittää Suomessa käytettävän ETRS89-koordinaattijärjestelmän realisaation Suomessa. Tämä realisaatio on nimeltään EUREF-FIN, mutta koska se ei ole käytössä koko Suomessa, ohjeissa määritetään myös sen suhde Kartastokoordinaattijärjestelmään (kkj), joka on laajalti käytössä.

JHS 154 ” ETRS89-järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatistot ja karttalehtijako” määrittää EUREF-FIN – koordinaatiston kanssa käytettävät karttaprojektiot ja tasokoordinaatistot, sekä EUREF-FIN:stä projisoidun tasokoordinaatiston ja kkj:n väliset muunnosparametrit.

JHS 163 ”Suomen korkeusjärjestelmä N2000” määrittää ko. korkeusjärjestelmän ja suosittaa sitä käytettävän valtakunnallisissa ja paikallisissa kartastotehtävissä.

### **2.3 Laadunvarmistus**

Maastotietojen osalta laadunvarmistus perustuu työn alussa eri tuotteille määritellyille laatuvaatimuksille. Laatuvaatimusten perusteella maastotietojen tuottajat tekevät suunnitelmat menetelmistä näiden vaatimusten saavuttamiseksi. Standardimenetelmien osalta menetelmät voidaan kuvata tiedon tuottajien toiminta- ja laatujärjestelmissä.

Laatujärjestelmän ollessa kirjallinen laatukäsikirja, auttaa se ylläpitämään laatutasoa sekä kehittämään laatua. [12, s. 5]

Suunnitelman mukaisella menetelmällä saavutetun laatutason dokumentointi on olennainen osa laadunvarmistusta. Laadunvarmistuksessa tarvittava dokumentaatio maastotietoihin sisältyvien tuotteiden osalta määritellään toimintaohjeessa. Koska laadunvarmistus määritellään tuotekohtaisesta, se sallii tuottajan käyttää erilaisia tai jopa aivan uusia tiedonkeruumenetelmiä. [12, s. 5]

Suunnittelussa käytetään nykyään paljon numeerisia maastotietoja. Työssä käytettyjen erilaisten ohjelmistojen takia tiedon muotoon ja sisältöön liittyvät kysymykset ovat tärkeitä ja usein hankalia. Jokaisen tuotteen kohdalla tulee käsitellä numeeriseen aineistoon liittyvät kysymykset, jolloin vältytään suunnittelun aikana yllätyksiltä aineistojen käytössä. [12, s. 5]

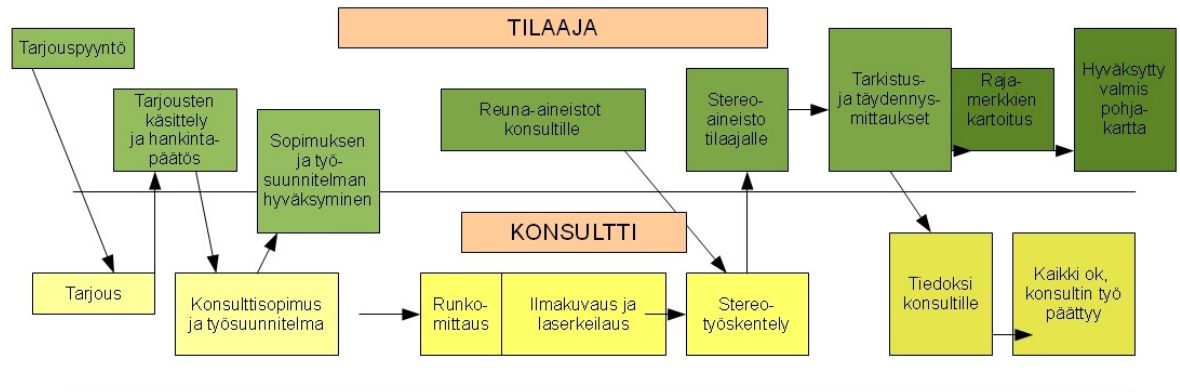
Maastotietojen laadunvarmistuksessa tulee kyseeseen käyttää myös yleisten laadunvarmistus-standardien mukaista näytteenottoon perustuvaa tarkastusta. Tämä tarkastus voidaan sisällyttää urakkaan tai se voidaan teettää kolmannella osapuolella. Erityisen tärkeää laaduntarkastus on käytettäessä uusia, kokemattomia tekijöitä, tai uusia käyttämättömiä menetelmiä. Laaduntarkastus voidaan toteuttaa seurantarokoituksessa jos kyseessä ovat vakiintuneet toimittajat ja standardimenetelmät. [12, s. 6]

### **3 POHJAKARTOITUKSEN TYÖPROSESSI TIKKALAN HANKKEESSA**

Tässä luvussa käyn läpi pohjakartan valmistumisen Mikkeliissä alkaen konsultin hankinnasta päättyen kartan lopulliseen hyväksymiseen. Kiinnitän huomiota prosessin kunkin vaiheen laadunvarmistukseen (prosessikaavio liite 2). Esimerkkitapaus Tikkala on Mikkelin kaupungilla ensimmäinen laatuaan, jossa kartoitus- ja tarkistusmittauksia suoritettiin GPS-mittauksilla RTK-menetelmällä.

Mikkeliissä teknisen toimen alainen Mittaus ja kiinteistöt – osasto huolehtii kaupunkimittauksista ja kartastotehtävistä, ja pohjakartan tarkastajana toimi apulaiskaupungingeodeetti (ks. organisaatiokaavio liite 3).

Tikkalan alueelle tarvittiin pohjakartta, sillä alueella sijaitseva vanha kaatopaikan alue haluttiin kaavoittaa teollisuus- ja varastoalueeksi. Alueella oli jo ennestään yleiskaava. [14]



**Kuva 3. Pohjakartan työprosessi.**

### 3.1 Konsultin hankinta tarjouspyynnöllä

Hankintalain mukaisesti tilaajaorganisaation on kilpailutettava hankintansa, lukuun ottamatta hankintalain 15§ mainittujen kynnsarvojen alle jääviä hankintoja. Ilmakuvausella toteutettu uudiskartoitus on kuitenkin selkeästi kilpailutettava hankinta.

Mikkelin kaupungilla apulaiskaupungeodeetti laati tarjouspyynnöt ja päätökset ilmakuvausista ja stereokartoituksista. Tarjouspyyntö lähetettiin kaikille yrityksille, jotka Suomessa hoitavat ko. urakoita – Pöyry, Sito, FM-International, Suomen Kartointus ja Mittaus SKM Oy sekä Blom Kartta Oy. Sen lisäksi tarjouspyyntö oli julkisesti nähtävillä Hilma-palvelussa ([www.hankintailmoitukset.fi](http://www.hankintailmoitukset.fi)) Internetissä, jonka kautta Destia huomasi ilmoituksen ja teki tarjouksen. [15]

Vasta yli 100 000 euron hankinnat menevät Mikkelin kaupungin teknisen lautakunnan käsittelyyn, joten tämän summan alla olevan stereokartoituksen hankintapäätös oli virkamiespäätös geodeetin allekirjoituksella. Myös apulaiskaupungeodeetin allekirjoitus olisi sopinut. [15]



### **3.1.1 Tarjouspyynnön sisältö**

Apulaiskaupungeedeetin laatimasta tarjouspyynnöstä käy ilmi tilaaja ja tilattu urakka. Siinä edellytetään tarjouksen sisältävän maksuehdot ja että tarjouksen tulee olla voimassa tilaajan määrittämään hetkeen saakka. Siinä todetaan myös, että sopimuksessa tullaan käyttämään yleisiä konsulttitoiminnan sopimusehtoja KSE 1995 RT 13-10574 ja sopimus tehdään näihin ehtoihin liittyvälle lomakkeelle. Tilaaja pidättää oikeuden hylätä kaikki tarjoukset. [16]

Tarjouspyynnön olennaisin osa on työohjelma, joka on liitteenä tarjouspyyntöviestissä. Työohjelma sisältää tehtävän yleismäärittelyn, lähtötilanteen, tehtävän yksityiskohtaisen määrittelyn, lopputuotteiden määrittelyn, työnjaon konsultin ja tilaajan välillä sekä aikataulun [16]. Nämä määritellään tarkemmin konsultin laatimassa työsuunnitelmasa, jonka käyn myöhemmin tarkemmin tekstissä läpi.

### **3.1.2 Tarjouspyyntöjen vastaanotto**

Saapuneet tarjoukset avataan todistajien läsnä ollessa. Avatun tarjouksen kirjekuoren päälle kirjoitetaan avausaika, ja tilaisuudesta tehdään pöytäkirja johon kirjataan avausajat ja tarjouspyyntöjen summat sekä todistajien allekirjoitukset. Tämä menetelmä on kaupungilla hyväksi todettu mahdollisten tiedustelujen takia. [15]

Tikkalan tapauksessa tarjouspyynnön voitti FM-International Oy. Se oli tarjouspyynnön mukaisista tarjouksista halvin. Yksi yrityksistä tarjosi halvimmalla pelkästään laserkeilausta, mutta tarjouspyynnön vastaisena tarjouksena se hylättiin. [15]

### **3.1.3 Konsulttisopimus**

Tarjouspyynnön voittaneen yrityksen kanssa tehtiin konsulttisopimus lomakkeen RT 80252 mukaisesti, jossa todettiin hanke, tehtävä, tilaaja ja konsultti sekä heidän edustajansa sopimusasioissa. Sopimuksessa määriteltiin lisäksi perustiedot jotka tilaaja luovuttaa konsultille, sovitaan mitä sopimusasiakirjoja noudatetaan ja miten ja mitkä tiedot säilytetään. Siihen kirjattiin myös suoritusorganisaatio ja käytettävät alikonsultit sekä konsultin vastuu. Sopimukseen kirjattiin myös tarkka aikataulu päivämääräkoh-

taisesti, sekä maksut ja niiden perusteet. Myös sopimuksen irtisanominen, erimielisyyksien ratkaiseminen sekä tekijän- ja omistusoikeus käsiteltiin sopimuksessa. Liitteeksi sopimukseen laitettiin konsultin laatima yksityiskohtainen työsuunnitelma. [ 17]

### **3.2 FM-International Oy**

FM-International Oy FINNMAP SURVEYS on itsenäinen yksityinen konsulttitoimisto, joka on erikoistunut paikkatiedon tuotantoon. FINNMAP perustettiin vuonna 1951 Kunnallistekniikka -nimisenä yrityksenä, jonka työtä FM-International on jatkanut perustamisestaan vuodesta 1993. Yritys oli ensisijaisesti keskittynyt vientiprojekteihin EU-alueen ulkopuolelle, mutta on vuodesta 2004 jälleen tarjonnut palveluitaan myös Suomessa ja sen lähialueilla. [18]

Päätoimiala SKOL (Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto) – luokituksen mukaan on mittaus- ja kartoitustekniikka. Päätuotteina ja -palveluina FM-International Oy:llä ovat mm. ilmakuvauus, kaukokartoitus, geodeettiset mittaukset, fotogrammetriset mittaukset, digitaaliset ortokuvat ja – kartoitukset sekä GIS kehitystyö. [18]

Ilmakuvauksia yritys tekee laaja- ja keskikokoisilla digitaalisilla ilmakuvauuskameroilla ja analogisilla ilmakuvauuskameroilla. Digitaalinen kartoitus tehdään ilmakuvilta stereokartoituskojeella, laserkeilauksesta tuotetun pistepilviaineiston ja ortokuvien avulla, maastomittauksina sekä kaikkia edellä mainittuja yhdistäen. [18]

#### **3.2.1 Konsultin laadunhallinta**

FM-International Oy:llä on oma laadunvalvontajärjestelmä, joka on tehty ISO 9001:2000 standardin periaatteiden mukaisesti. Jokaisesta työvaiheesta on laadittu menettelyohje, joka kuvaa kunkin työvaiheen, mitä työvaiheessa tehdään sekä kuinka sen laadunvarmistus suoritetaan.

Laadunvarmistus perustuu siihen, että jokainen työntekijä itse vastaa työnsä laadusta ja sen laadunvarmistuksesta. Aikataulussa pysymistä ja hankkeen edistymistä seurataan jatkuvasti, sekä asiakasyhteyksien tärkeyttä korostetaan. [19, s. 8.]

### 3.3 Työsuunnitelma

Työsuunnitelma on konsultin laatima yksityiskohtainen yhteenveto siitä, mitä tullaan tekemään ja millä välineillä. Siinä myös määritetään toimitettavat raportit ja lopputuotteet. Tässä luvussa käyn läpi Tikkalan hankkeen työsuunnitelman yleismäärittelyn ja työnjaon, sekä mainittuja dokumentteja liittyen laadunvarmistukseen.

#### 3.3.1 Tehtävän yleismäärittely

Tehtävän yleismäärittelyssä todettiin, että kyseessä on Tikkalan alueen ilmakuvaukseen ja stereokartoitukseen perustuva pohjakartan laajentaminen, joka toteutetaan keväällä 2008 1:4000 mittakaavassa käyttäen Wild RC30 filmikameraa. Yleismäärittelyssä sanottiin myös, että FM-International Oy varautuu laserkeilaamaan alueen, jolloin keilausta voidaan hyödyntää alueen korkeuselementin laadinnassa ja vähentää täten tilaajan tekemää täydennystyötä. [19, s. 1.]

#### 3.3.2 Työnjako tilaajan ja konsultin välillä

	Tilaaja	Konsultti
Työsuunnitelma	X	X
Runko- ja tukipistemittaukset		X
Signalointi		X
Ilmakuvaus		X
Fotogrammetrinen pistetihennys		X
Stereodigitointi		X
Täydennysmittaukset	X	
Num.aineiston viimeistely		X
Konseptikartta		X
Siirtotiedostojen muodostus ja tiedonsiirto		X
Työkertomus		X
Työn tarkastus ja hyväksyminen	X	

**Taulukko 1. Hankkeessa sovittu työnjako.**

Työsuunnitelmassa mainittiin rekisterikartan kuuluvan tilaajan työtehtäväksi, ja näin ollen sitä ei mainita yhteisessä työnjaossa. Työnjakotaulukko sisältää vain työt, joilla on merkitystä konsultin työn ja sen päättymisen kannalta.

### **3.3.3 Laadunvarmistuksen dokumentit**

Työsuunnitelmassa käydään läpi kaikki työnjaossa mainitut työvaiheet, sekä niihin liittyvät tilaajalle toimitettavat dokumentit (lopputuotteiden lisäksi). Työsuunnitelman liitteenä on ilmakuvauus- ja runkopistesuunnitelma, johon on kuvattu kuvauksen jonot, yksittäiset kuvat sekä runko- ja tukipisteet. Sen lisäksi tilaajalle luovutetaan aineistoa seuraavasti:

- ilmakuvauksesta laaturaportti työn valmistuttua
- pistetihennyksestä laskentaraportti välittömästi
- viimeistelty digitaalinen aineisto sovituissa erissä
- työkertomus
- ilmakuvien pinnakkaiskopioid
- runkopisteiden koordinaatit kkj/N60 sekä EUREF-FIN -järjestelmissä

Ilmakuvafilmin arkistoi konsultti.

### **3.4 Runkopisteet**

Työohjelmassa todettiin tasorunkoverkon rakentamisen, mittaamisen ja laskemisen kuuluvan konsultille. Tilaaja oli asettanut verkolle työohjelmassa seuraavat vaatimukset:

- kattaa riittävän hyvin koko alueen kartoituksen kannalta ja on riittävän tiheä käytettäväksi alueen monikulmioverkon lähtöpisteinä (vähintään 6-7 pisteparia alueelle)
- mittaus tulee suorittaa staattisena GPS-mittauksena sellaisella kalustolla ja havaintoajoilla, että päästään pistekeskivirheessä tarkkuuteen 20 ppm
- verkon tasoituksessa käytettävä asianmukaista tasoitusohjelmaa
- verkko rakennetaan niin, että se muodostuu toisiinsa näkyvistä pistepareista
- kartoitusta varten tarpeellisia pisteitä voidaan mitata RTK-mittauksena
- myös RTK-pisteet on merkittävä maastoon pysyvästi ja toteutettava pistepareina

Vaikka Mikkelin kaupungin alueella onkin käytössä vanha valtion järjestelmä ja oma korkeusjärjestelmänsä, niin Tikkalan kuulussa vanhan maalaiskunnan alueelle on siellä käytössä kkj-koordinaatit ja korkeusjärjestelmänä N60. Tämä helpotti mittauksia sillä EUREF-FIN ja kkj:n välinen suhde on määritelty JHS 153:ssa, kun taas Mikkelin omaa järjestelmää varten olisi täytynyt tehdä oma muunnoskaavansa. Tämä olisi myös saattanut huonontaa niiden laatua laskentateknisistä syistä.

Tikkalan alueen runko- ja tukipisteiden mittauksessa ja laskennassa käytettiin alikonsulttina Suomen kartoitus ja mittaus SKM Oy:tä, tästä oli maininta myös sopimuksessa.

### **3.4.1 Mittaus**

Lähtöpisteinä käytettiin Mikkelissä vuonna 2005 mitatun perusrungon ylemmän luokan pisteitä sekä rungon tunnettuja EUREF-FIN -pisteitä. Mittaukset toteutettiin staattisena GPS-mittauksena. Tukipisteet mitattiin RTK-mittauksena. Pisteet sijoitettiin maastoon siten, että ne ovat aukealla alueella ja kiinni kalliossa. Pisteet sijaitsevat ympäri Tikkalan aluetta pistepareina, joilla on keskinäinen näkyvyys.

Tikkalan runkoverkko on tarkoituksella harva. Konsulttia pyydettiin mittaamaan alueelle vain kartoitukseen tarvittavat pisteet. Jatkoon nämä pisteet eivät riitä, kun lähdetään viemään kaavaa maastoon ja merkitsemään rajoja ja rakennuksia, vaan silloin kaupunki itse laajentaa verkkoa. [15]

### **3.4.2 Dokumentit ja laadunvarmistus**

Konsultti luovutti tilaajalle laskentareportit ja koordinaattilistat runko- ja tukipisteistä heti mittauksen ja laskennan valmistuttua sekä työkertomuksen liitteenä [20]. Raporteista katsottiin työsuunnitelmassa asetettujen laatuvaatimusten täyttyneen. Tilaajaorganisaatio tarkisti runko- ja tukipisteitä sekä laati niille pisteselyskortit.

### 3.5 Ilmakuvaus ja stereodigitointi

Ilmakuvaus suoritettiin kahtena päivänä, 25.4 ja 17.5.2008. Alue kuvattiin työsuunnitelman mukaisesti 613 metrin korkeudesta mittakaavaan 1:4000 väriefilmille. Aliura-koitsijana käytettiin Blom Kartta Oy:tä. [20, s. 2]

Kuvauksessa noudatettiin Fotogrammetrian ja Kaukokartoitusseuran 1/1995 julkaisun ”Suositukset Suomessa tehtäville suurikaavaisille mittaus- ja kartoituskuvauksille” suosituksia. Pituuspeittona oli 60 % ja sivupeittona 30 %. Kuvaus tehtiin Wild RC30 -kameralla GPS-navigointiin perustuen siten, että projektiokeskusten koordinaatit rekisteröitiin GPS:n avulla.

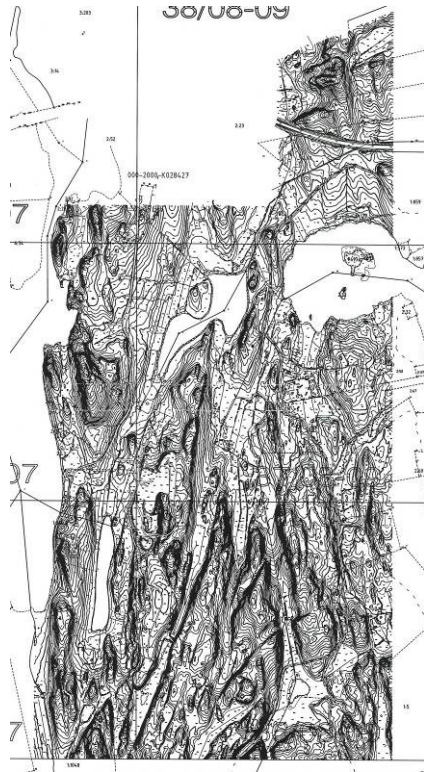
Kartoitusalueelle tehtiin fotogrammetrinen pistetihennys. Ennen pistetihennystä ilmakuvat skannattiin fotogrammetrisella ilmakuvaskannerilla, käyttäen skannausresoluutiona vähintään 21 mikrometriä. Havainnot tehtiin digitaalisella pistetihennysohjelmistolla Match-AT:lla, joka perustuu kuvakorrelaatioon ja sisältää integroidun blokkita-soituksen. Tasoituksesta tehtiin raportti, jossa esitettiin blokkikaavio, kuvakohtaiset residuaalit sekä painoyksikön keskivirhe. Laskennan tuloksista raportoitiin tilaajalle heti pistetihennyslaskennan valmistuttua, ja raportti oli myös työkertomuksen liitteenä. [20, s.3]

#### 3.5.1 Laserkeilaus

Konsultti käytti laserkeilausta ilmakuvauksen rinnalla. Laserkeilauksesta ei ollut pu-  
hetta työohjelmassa, vaan se tuli ikään kuin kaupan päälle helpottaen konsultin työtä  
kartan tekemisessä sekä helpottaen kaupungin työtä täydennysten osalta. Pelkän la-  
serkeilauksen käyttö ei sen sijaan tullut kysymykseen, sillä kohteista olisi ollut liikaa  
epävarmuuksia ja maastotarkistuksia olisi pitänyt tehdä runsaasti. Tämä todettiin kon-  
sultin kanssa yhdessä. [15]

Laserkeilaus suoritettiin lentokoneesta 750 metrin korkeudelta FM International Oy:n  
Leica ALS50 – laserkeilaimella. Keilauksesta saavutettu pistetiheys oli noin 3 pistettä  
per neliömetri. Sen lisäksi, että keilaus vähensi tilaajan maastotöitä, olemassa oleva

pisteaineisto mahdollistaa jatkossa monipuolisten suunnittelua tukevien 3D-aineistojen muodostamisen. [20, s. 3]



**Kuva 4. Tikkanen alueen pohjakartta ja laserkeilauksella saatu käyräaineisto.**

### 3.5.2 Dokumentit ja laadunvarmistus

Ilmakuvauksen aluerajaus rajataan siten, että se sopii yhteen edellisten kartoitusten kanssa saumattomasti. Väliin ei haluta jäävän pohjakartattomia kaistaleita, joiden kartoitus tulisi myöhemmin turhan kalliiksi kokoonsa nähden. Kerralla otetaan mielellään jopa vähän enemmän ja ennakoidaan tulevia tarpeita. [15] Siksi Tikkanen alueessa on pohjoisosassa pieni kaistale, se varmisti yhteneväisyyden viereisen pohjakarttojen kanssa.

Välittömästi ilmakuvauksen valmistuessa kaupunki ei vaadi erityisiä dokumentteja todisteeksi kuvauksesta, riittää että konsultti ilmoittaa kuvauksen tapahtuneen [15]. Ilmakuvauksesta toimitettiin tilaajalle laaturaportti ja kuvausindeksit vasta varsinaisen työkertomuksen liitteenä. Stereoaineiston ja ilmakuvat tilaaja sai stereotyön valmistuksen jälkeen huhtikuussa 2009 ennen täydennysmittausten aloitusta. Laaturaportin

toimitti alikonsultti Blom Kartta Oy, ja se sisältää tarkat tekniset tiedot kuvauksesta sekä laatucommentin ”ilmakuvaus hyväksytty”.

Blom Kartta Oy:stä ei ollut mainintaa konsulttisopimuksessa eikä työsuunnitelmassa, vaikka käytettävät alikonsultit tulisi mainita. Kuitenkin, rutiiniluontoisissa tehtävissä tilaajan suostumusta alikonsultin käyttöön ei tarvita (KSE 1995, 3.1.3), ja näin em. alikonsultti mainittiin vasta työkertomuksessa.

Kaupungilla oltiin erittäin tyytyväisiä laserkeilauksen tulokseen. Heillä ei ole aikaisemmin ollut keilausta mukana stereokartoitustöissä, vaan pelkkä ilmakuvaukset, ja se on tarkoittanut paljon puutteellisia korkeuskäyriä ja karttakohteita. [15]

### **3.6 Rajamerkkien kartoitus**

Kaavan pohjakartta vaatii ajantasaisen kiinteistöjaotuksen. Rajamerkit voidaan kartoittaa joko signaloimalla ne ennen kuvauksia tai kartoittamalla ne maastosta ennen tai jälkeen kuvauksen.

Vielä muutama pohjakartta sitten Mikkelin kaupunki signaloi pyykkiä kartoitettavilta alueilta, mutta käytännöstä on luovuttu. Signalointi vei aikaa ja maastokartoitus kuvauksen jälkeen huomattiin paljon kätevämmäksi [15]. Maastossa mittaryhmällä on mukana numeerisen kiinteistörekisterin rajaelementti pohjakartan päällä sekä ortokuva samaisella rajaelementillä. Ortokuvan apu pyykkien etsinnässä on merkittävä.

#### **3.6.1 Maastotyöt**

Maastotyöt aloitettiin toukokuussa 2009 etsimällä pyykkejä järjestelmällisesti edeten kartan pohjoispuolelta etelään päin. Mittausmenetelminä käytettiin sekaisin takymetrimittaus ja RTK-menetelmää. Takymetrimittaus täytyi käyttää useastikin puiden peittävyden takia, tällöin lähtöpisteet mitattiin RTK-mittauksilla.

Pyykistä riippuen se mitattiin heti löydön yhteydessä, joka tuli kyseeseen yleensä pyykin sijaitessa tien läheisyydessä. Kauempana tiestä sijainneiden pyykkien kanssa meneteltiin niin, että kun alueen kaikki löydettävissä olevat pyykkiä oli löydetty, ne käytiin



mittaamassa yhdellä kertaa. Tällöin niille saatiin enemmän yhteneväistä satelliittigeometriaa.

### **3.6.2 RTK-menetelmä**

Kuten mainittu, Tikkalan alue oli ensimmäinen laatuaan Mikkelin kaupungilla, kun käytössä oli RTK-menetelmä ja GPS-laitteisto. Vaikka Tikkalan pohjakartta mitattiin mittaluokassa 1, niin sitä pidettiin hyvänä testikenttänä uudelle mittausmenetelmälle sen sijainnin takia. Alue on metsäistä, kallioista ja ns. vähemmän tärkeää haja-asutusalueita. Käytännössä GPS-laitteistolla mitattiin kaikkialla missä se toimi, ja sillä luotujen apupisteiden avulla kartoitustyötä jatkettiin takymetrillä.

Kaavoitusmittausohjeet hyväksyvät RTK-mittauksen kartoitukseen maaston ja olosuhteiden niin salliessa. Kartoitetuista rajamerkeistä 5 % tulisi mitata uudestaan eri satelliittigeometriaa käyttäen ja uudella alustuksella, sekä niiden tulisi sijaita tasaisesti ympäri aluetta.

### **3.6.3 Arkistotutkimukset**

Kun alueen pyykki on etsitty, hävinneiden pyykkien sijainti merkitään kartalle toimituskarttojen rajamittojen perusteella. Arkistotutkimukset tehdään Maanmittauslaitoksella, josta löytyvät toimituskartat.

Hävinneet tiealueen pyykki merkitään kartalle NKRK-koordinaattien (Numeerinen kiinteistörekisteri) mukaan, mikäli kartoitettujen tiealueen pyykkien koordinaatit täsmäisivät hyvin NKRK-koordinaatteihin. Jos eivät täsmänneet, tulisi tehdä arkistointitutkimus myös tietoimituksesta. Jos taas kyseessä olisi systemaattinen virhe eli sama heitto kartoitetuissa tiealueen pyykkien koordinaateissa, se laskettaisiin hävinneille pyykeille ja tulos merkittäisiin kartalle. [15]

### **3.6.4 Dokumentit ja laadunvarmistus**

Kartoituksen aikana maastossa on mukana kartta, jossa on raja-elementti selkeästi esillä. Nämä kartat kaupunki arkistoi tulevaisuuden tarpeita varten. Karttaan merkitään

löytyneen pyykin laatu tai sen olotila, joka voi olla kallistunut tai hävinnyt. Osittain kallistuneet pyykit kartoitetaan, mutta selkeän merkintätavan ja dokumentoinnin takia niiden epävarmuus on tiedossa. Kartoitetut pyykit tallennetaan MicroStation/Stella –formaattiin.

RKT-menetelmän ja GPS-laitteistojen uutuuden takia kaavoitusmittausohjeiden niille vaatimia tarkistuskäytäntöjä jäi tekemättä, mutta mittauksia tarkistettiin ja kontrolloitiin. Pyykkien kartoituksen jälkeen niille tehtiin välitön kontrolli tiedostojen purun yhteydessä vertaamalla niitä numeerisen kiinteistörekisterin pyykkien koordinaatteihin. Maastossa mittausten tarkkuutta valvottiin mittaamalla samalla alustuksella kohdalle sattuva runko- tai tukipiste ja vertaamalla koordinaatteja.

### **3.7 Tarkistusmittaukset**

Tarkistusmittaukset suorittaa tilaajan organisaatio eli tässä tapauksessa kaupungin maastomittausryhmät. Tarkistusmittauksen tulos siirtyy maastomittausryhmien vastuuhenkilöltä pohjakartan tarkastajalle.

Tarkistusmittauksia suoritetaan eri puolilta aluetta tasaisesti. Niillä nähdään stereodigitoinnin orientoinnin onnistuminen, digitoinnin yleinen tarkkuus sekä korkeuskäyrien paikkansapitävyys.

#### **3.7.1 Käyrätarkistukset**

Käyrätarkistus suoritetaan takymetrillä. Kohteeksi valitaan puustoinen ja pitkä rinne, mielellään yli 50 metriä. Takymetrillä kartoitetaan korkeuspisteitä kohtisuoraan rinnettä 5 metrin välein. Kartoitetut korkeuspisteet tulostetaan samalle kuvalle digitoitujen korkeuskäyrien kanssa ja niitä verrataan graafisesti. Tuloksista piirretään millimetripaperille käyrät, joista nähdään hyvin korkeuskäyrän ja kartoitettujen pisteiden välinen korkeusero.

Tikkalan tapauksessa jo tulostetulta kuvalta näki hyvin, että korkeuskäyrät ovat hyvin kohdallaan, kiitos laserkeilauksen. Laserkeilauksen läsnäolo ehkä omalta osaltaan vai-

kutti siihen, ettei käyrätarkistuksia tällä kertaa tehty väkisin sen enempää, vaan pieneltä otannalta nähtiin jo hyvät tulokset.

### **3.7.2 Rakennusten sijaintitarkistusmittaukset**

Rakennusten sijaintitarkistuksella kontrolloidaan kartan yleistä orientointia sekä digitoinnin tarkkuutta. Kohteita valitaan tasaisesti ympäri aluetta, sekä reuna-alueilta että keskeltä.

Tikkalassa rakennuksista otettiin kaksi tai kolme nurkkaa kiinni ja loput seinälinjat mitattiin mittanauhalla. Räystääiden leveydet mitattiin arvioimalla mittanauhalla. Karotoitettuja nurkkia verrattiin digitoituihin rakennuksiin sekä kuvatiedostolla että paperille tulostetulla kuvalla, johon merkittiin kaikki räystääiden mitat ja seinälinjojen pituudet.

### **3.7.3 Dokumentit ja laadunvarmistus**

Sijaintitarkistusmittaukset ja käyrätarkistukset tulostetaan paperiseen muotoon ja dokumentoidaan. Kuviin lisätään selkeät viittaukset mistä päin aluetta ne ovat. Mitatut pisteet tallennetaan MicroStation/Stella – formaattiin dgn- kuvatiedostoon ja kaupungin arkistoihin.

Tikkalan alueella sijaintitarkastuksia oli hankala tehdä tasaisesti eri puolilta karttaa, koska kohteita oli niin vähän. Stereotyö oli kuitenkin niin onnistunut, että vajaat tarkistusmittaukset riittivät. Konsultille annettiin tarkistusmittausten tulos tiedoksi sähköpostilla.

## **3.8 Täydennyskartoitus**

Kaikki tieto maastosta ei välity digitoinnissa kartalle, ja yleisimpänä syynä on peitteinen maasto ja helposti maastoon häviävät kohteet. Jos maastosta löytyy harvasti sieltä täältä kohteita, jotka eivät löydy kartalta, hoitaa kaupunki itse täydennyksen. Selvissä puutteissa ja virheissä otetaan yhteys konsulttiin vikojen paikkaamiseksi.

Stereoaineistoin saapuessa kartta tarkastettiin silmämääräisesti puutteiden osalta. Katsottiin, etteivät viivamaiset kohteet katkeile, ja että rakennukset ja niille menevät tiet muodostivat eheän kohteen. Esimerkiksi Tikkalassa käytiin toteamassa rakennuksen paikka, sillä vaikutti, ettei sinne mennyt tietä. Tämä sai tarkastajat epäilemään, onko rakennustakaan.

Tikkalan alueella puuttuvat kohteet olivat pieniä rakennelmia, jotka hävisivät värinsä takia hyvin suureen kuusikkoon ja korkeiden kallioiden varjostamiin maisemiin. Nämä puuttuvat kohteet huomattiin tarkistusmittausten ja rajamerkkien kartoitusten yhteydessä ja kartoitettiin samalla.

### **3.8.1 Dokumentit ja laadunvarmistus**

Mitatut täydennyskartoituspisteet tallennettiin MicroStation/Stella – formaattiin ja pohjakartta-aineiston dgn-kuvatiedostoon vastaamaan todellista tilaa.

Koska tässä hankkeessa käytettiin laserkeilausta ja stereotyö oli käyrien kannalta erinomainen, koko alueen läpikäynti kohteiden tarkistusta varten olisi aikaa vievää ja tässä hankkeessa suurilta osin turhaa. Puuttuvat kohteet kartoitettiin vastaan tullessa.

### **3.9 Pohjakartan tarkastaminen ja hyväksyminen**

Työn tarkastajana ja valvojana toimi Mikkelin kaupungissa apulaiskaupungeodeetti (Kaavoitusmittausasetus 1284/1999, § 7). Stereoaineiston saapuessa pohjakartta tarkastetaan silmämääräisesti puutteiden varalta, ja maastomittauksista vastaava maanmittausteknikko sekä numeerisista kartoista vastaava kartoitusteknikko tarkistavat karttaa hieman tarkemmin, esimerkiksi oikeiden ominaisuustietojen osalta. Numeerisesta aineistosta katsotaan, että kartta on kaupungin käyttämässä vakio -Stella-formaatissa. Täydennysmittauksia ei ns. hyväksytetä apulaiskaupungeodeetin kautta, vaan hän luottaa tehtävän maanmittausteknikolle, joka vastaa maastomittauksista.

[15]

### **3.9.1 Valmis kartta**

Valmis tuote on kaavan pohjakartta siihen kuuluvilla merkinnöillä ja kiinteistöjaolla. Juridinen kaava piirretään virallisen pohjakartan päälle, mutta kaavan voi laittaa vireille jo ennen pohjakartan lopullista hyväksymistä. Seuraava vaihe on kunnallisteknistä suunnittelua (viemärit, sähköt) varten laatia alueesta maastomalli, sillä siihen tarkoitukseen pohjakartta ei riitä. [14]

### **3.9.2 Dokumentit ja laadunvarmistus**

Kaikki prosessin aikana tilaajalle lähetetyt aineistot kerättiin yksiin kansiin apulaiskaupungingeodeetin työhuoneeseen. Tarjouspyyntö, työohjelma, työsuunnitelma, sopimus, ilmakuvauksen laaturaportti sekä työkertomus on kerätty työkansioon. Lisäksi apulaiskaupungingeodeetti piti koko prosessin ajan työmaapäiväkirjaa tapahtuneista työvaiheista ja kontakteista konsultin kanssa.

## **4 LAADUNVARMISTUKSEN KEHITTÄMINEN**

Edellisessä luvussa on kuvattu Tikkalan alueella käytetty toimintatapa, ja seuraavaksi esitän oman näkemykseni prosessin kehittamisestä. Tarkoitukseni on esittää muutama lisäys kaupungin laadunvarmistukseen koskien sen tekemiä maastotiedon keruun työvaiheita. Konsultilla on oma laadunvalvontajärjestelmänsä, mutta siihen en ota kantaa.

Mikkelin kaupungilla on pitkä kokemus pohjakarttojen teettämisestä konsultilla, ja siksi Tikkalan hankekin meni rutiinilla. Sen lisäksi apulaiskaupungingeodeetti tuntee Suomen alan tekijät, eikä konsulttien ja alikonsulttien ammattitaitoa ole tarvinnut epäillä. Apulaiskaupungingeodeetti jäi kuitenkin eläkkeelle eikä hänen hiljaista tietoaan ole kirjoitettu laatukäsikirjaksi.

### **4.1 Hankintamenettelyssä huomioitavaa**

Tarjouspyyntöön pitäisi sisällyttää tarkemmat vaatimukset konsultille. Voitaisiin vaatia esimerkiksi yksityiskohtaisempaa kuvausta konsultin laatujärjestelmästä sekä referenssiluettelo konsultin suorittamista vastaavista projekteista. Projektin vetäjän refe-

renssit toisivat myös lisää varmuutta prosessin laadulliseen onnistumiseen, joten niitäkin voisi tarjouspyynnössä perätä. Tarjouspyynnön sisällöstä voisi tehdä seuraavanlaisen yhteenvedon, eli ainakin nämä asiat olisi mainittava:

- tilaajaorganisaatio
- käytettävä hankintamenettely
- tehtävä
- menetelmät ja tarkkuusvaatimukset
- hinta- ja maksuehdot
- pyydettävä tarjoukseen liitettäväksi asiakirjat
  - työsuunnitelma
  - konsultin referenssit
  - kuvaus konsultin laatujärjestelmästä
  - projektin vastuullisen vetäjän referenssit
- tarjouksen voimassaoloaika
- tarjouksen jättäminen

#### **4.2 Pohjakartan viimeistely**

Kun konsultti tekee rajaelementin signaloinnin kautta, on pohjakartta valmis, kun konsultti sen aikataulussa tekee valmiiksi. Nyt kun rajaelementti on kaupungin tehtävänä vasta ilmakuvausten jälkeen, pohjakartan valmistumisaikataulu on epämääräinen. Jos kaavalla on polttava tarve, niin maastotyöt hoidetaan pohjakartan hyväksi nopeasti. Kuitenkin vähemmän tärkeillä alueilla kartoitustyöt jäävät roikkumaan ja niitä hoidetaan muun työn ohella. [15]

Koska kaavaa ei voida hyväksyä ennen täysin hyväksytyä ja valmista pohjakarttaa, täytyisi kaupungin panostaa saamaan pohjakartan työt valmiiksi. Kaavoituksen hidastuminen tarkoittaa kaupungin kehityksen hidastumista. Pohjakartan kartoitustöihin voisi aina, tärkeydestä huolimatta, nimetä selkeän aikataulutavoitteen. Näin pohjakarttojen viimeistely ei jäisi roikkumaan.

### 4.3 Maastotöiden laatu

Kaupungilla ei ole maastotöille omaa käsikirjaa, vaikka sellaiselle tarvetta olisi. Maastoryhmien etumiesten mittaustavat voivat osin olla hyvinkin erilaiset, liittyen esimerkiksi GPS-laitteiston arvojen ja tarkkuuksien ymmärtämiseen ja tulkitsemiseen hyvien havaintojen saamiseksi, tai pyykkien olotilojen arviointiin. Nämä asiat on opittu maastotöissä hiljaisen tiedon ja kokemuksen kautta, ei niinkään opiskelemalla teoriaa. Mittausten lopputulokset eivät varsinaisesti huonoja ole, niiden tavoitteita ei vain ole tuloksellisesti kirjattu ylös.

Pohjakartan kohdalla eriävät laatuvaatimukset tuottavat eritasoisia pohjakarttoja.

Yleensä kuitenkin yksi ryhmä hoitaa yhden alueen pohjakartoituksen, jolloin sen alueen kohteiden laadut ovat yhtenevät. Sen sijaan kahdella eri alueella voi olla laadullisesti poikkeavat pohjakartat.

Maastotöistä, jotka sisältävät tarkistus-, täydennys- ja rekisterikarttamittaukset, tulisi tehdä selkeä laatukäsikirja (esimerkki yhdestä vaiheesta liite 4). Laatukäsikirjassa käsiteltäisiin lyhyesti kaavoitusta ja kaavan pohjakartan tarkoitusta ja tärkeyttä. Siinä selitettäisiin selkeästi, mihin tarkkuuteen pohjakartta on mitattu ja millä tarkkuuksilla sen täydentävät ja tarkistavat maastotyöt tulisi tehdä mahdollisimman tarkan ja tasaisen lopputuloksen saamiseksi. Varsinkin RTK-menetelmästä ja sen puutteista ja vahvuuksista tulisi olla selkeät selitykset. Lisäksi siinä voisi olla yleisimpiä karttamerkkejä ja rajapyykkien kuvaukset. Nämä asiat ovat kokemuksen kautta selviä mittaryhmillä, mutta näin tehty laatukäsikirja toimisi myös perehdyttävänä aineistona mahdollisille uusille työntekijöille. Sen lisäksi se yhtenäistäisi toimintatapoja ja laatukriteerejä, sekä osoittaisi tietynlaista otetta mittaustöihin.

### 4.4 Laserkeilaus

Mikkelin pohjakartasta vastaavat saivat ensikosketuksen laserkeilauksen laadukkaaseen työpöjälkeen tässä hankkeessa. Laserkeilauksen hinta ei tullut julki, sillä keilaus tuli konsultin omasta toimesta työn päälle, mutta jatkossa laserkeilauksen mukaan ottaminen kaupungin aloitteesta on varmasti kannattavaa. Se vähentää tarkistus- ja täydennysmittausten tekemistä oleellisesti, ja siitä syntyvää kolmiulotteista materiaalia voi

erinomaisesti käyttää kunnallistekniikan suunnittelutehtävissä – erillistä maastomallia ei tarvitse enää tehdä. Sen lisäksi laserkeilaus on tätä aikaa ja yleistyy koko ajan.

Pelkkää laserkeilausta ei pohjakartan laadinnassa kannata käyttää, sillä se jättää liian paljon arvailun varaan, ilmakuva on käsitykseni mukaan stereodigitoinnissa parempi tulkki. Sen lisäksi ilmakuva on hyvä apuväline muissakin työvaiheissa: rajamerkkien etsinnässä ortokuva rajaelementillä on hyvä apuväline, mutta sen lisäksi kaavoittajat suunnittelevat kaavaa mielellään korkeuskäyrämateriaalilla täydennetyin ortokuvan päälle.

## **5 POHDINTA**

Työn tarkoituksena oli koota yhteen pohjakartan työprosessi eritellen kaupungin ja konsultin työtehtävät, sekä antaa kehitysehdotuksia kaupungin tekemiin työvaiheisiin. Lisäksi tutkin pohjakartan laatua ja painotin jokaisen työvaiheen laadunvarmistusta. Tutustuin kaupungin työprosessiin haastatteleamalla siitä eniten tietäviä henkilöitä sekä käytännön kautta toimimalla itse maastotöissä tässä ko. tapauksessa.

Mielestäni onnistuin kokoamaan prosessin melko yksinkertaiseen muotoon, jotta kyseiseen kartoitusprosessiin vähemmänkin tutustunut voisi sen ymmärtää. Aiheena kehitysehdotukset ovat melko venyvä kokonaisuus, mutta pitäydyn päätöksessäni tutustua prosessiin, ei teknisiin yksityiskohtiin, joka olisi jo toisen opinnäytetyön kokonaisuus. Pysyin aiheajauksessani ja näin pääsin hyvin tutustumaan tällaiseen prosessiin, joka on yksi kaupunkien perus kartastotehtävistä. Lisäksi se sisältää teoriaa kaavoituksesta, kartoituksesta, fotogrammetriasta ja laadunvarmistuksesta, joten pääsin syventämään koulussa oppimaani monelta osa-alueelta.

Lopputuloksena totean, että Mikkelin pohjakartan työt hoituvat ulkopuolisesti katsottuna melko rutiinilla johtuen siihen osallistuvien työntekijöiden kokemuksista vastaavien projektien kanssa. Toisaalta taas rutiininomaisten töiden takia on saattanut jäädä puuttumaan vaiheita, jotka voisivat parantaa prosessin laadunhallintaa ja – varmistusta. Apulaiskaupungingeodeetin kokemus oli suurena apuna, sillä hän tunsu yritykset ja niiden henkilöstön ja tiesi mitä yritykset ovat tehneet ja mitä niiltä voi odottaa. Refe-



renssit olivat näin varmennettu asiantuntemuksen kautta. Jatkossa on kuitenkin määriteltävä yhdenmukainen käytäntö hankintamenettelyyn ja tarjouksiin.

Eniten kehitettävää tämän projektin perustella oli lähinnä vain maastotöihin liittyvien vaiheiden dokumentoinnissa. Ehdottamani asiat voitaisiin ottaa käyttöön aloittamalla laatukäsikirjan laatimisesta. Tämä tietysti vaatisi resursseja kaupungilta, toki sen voisi teettää ulkopuolisella työvoimalla, ja esimerkiksi vaikka opinnäytetyön aiheena. Laatiminen kuitenkin olisi helpompaa, kun pohjalla olisi tietoa kaupungin nykyisistä menettelytavoista. Laatukäsikirja selventäisi uusillekin työntekijöille mistä on kyse, ja mihin pyritään.

Kehitysehdotukseni ovat yleistettävissä ainakin saman suuruusluokan kaupunkeihin. Suuremmissa kaupungeissa käyttäisin konsulttia koko prosessiin, jotta pohjakartta valmistuisi yhtenäisenä ja aikataulussa.

## LÄHTEET

1. Maanmittauslaitos, keskushallinto. Kaavoitusmittausohjeet 2003. Pdf-dokumentti.  
[http://www.finlex.fi/pdf/normit/13750-Kaavoitusmittausohjeet\\_2003.pdf](http://www.finlex.fi/pdf/normit/13750-Kaavoitusmittausohjeet_2003.pdf) Julkaistu 31.1.2003. Ei päivitystietoa. Viitattu 13.3.2010.
2. Jyväskylän kaupunki. Kaavoitusprosessi Jyväskylässä, toimintaohje yleis- ja asema-kaavoja laadittaessa. Pdf-dokumentti.  
[http://www2.jkl.fi/kaavakartat/kaavoitusprosessi\\_26022009.pdf](http://www2.jkl.fi/kaavakartat/kaavoitusprosessi_26022009.pdf) Julkaistu 25.2.2009. Päivitetty 18.3.2009. Viitattu 13.4.2010.
3. Henrik Haggrén. Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen laboratorio, TKK. Luento 9: Kartoitusprojektit I. Verkkodokumentti.  
<http://foto.hut.fi/opetus/220/luennot/9/9.html> Julkaistu 25.10.2002. Viitattu 12.4.2010.
4. Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Verkkodokumentti.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132> Julkaistu 5.2.1999. Päivitysajankohta tuntematon. Viitattu 14.1.2010.
5. Kaavoitusmittausasetus 23.12.1999/1284. Verkkodokumentti.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19991284> Julkaistu 23.12.1999. Voimaantulo 1.1.2000. Päivitysajankohta tuntematon. Viitattu 25.2.2010.
6. Laki julkisista hankinnoista 30.3.2007/348. Verkkodokumentti.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070348> Julkaistu 30.3.2007. Voimaantulo 1.6.2007. Viitattu 20.1.2010.
7. Rakennustieto Oy. Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot. Pdf-dokumentti.  
<http://www.skolry.fi/easydata/customers/skolry/files/hankinta/10574.pdf> Julkaistu 28.1.2000. Päivitysajankohta tuntematon. Viitattu 12.4.2010.

8. Rakennustieto Oy. Konsulttisopimus RT 80252. Pdf-dokumentti.  
<https://www.sopimuslomake.net/lomakkeet/RT80252> -> esikatselu. Julkaistu 1.5.1995. Viitattu 12.4.2010.
9. Kuntaliitto. Paikkatietoaineiston hankintaopas. Verkkodokumentti.  
[http://www.kunnat.net/k\\_perussivu.asp?path=1;29;145;30546;38442;35072;37586;151318;37330](http://www.kunnat.net/k_perussivu.asp?path=1;29;145;30546;38442;35072;37586;151318;37330) Julkaistu 12.6.2009. Päivitysajankohta tuntematon. Viitattu 13.4.2010.
10. Kuntaliitto. Konsultin käyttö kaavoituksessa. Verkkodokumentti.  
[http://www.kunnat.net/k\\_peruslistasivu.asp?path=1;29;356;30516;61475;142324](http://www.kunnat.net/k_peruslistasivu.asp?path=1;29;356;30516;61475;142324) Julkaistu 8.10.2008. Ei päivitystietoja. Viitattu 15.1.2010.
11. Fotogrammetrian ja Kaukokartoituksen Seura ry. Suositukset Suomessa tehtävälle mittaus- ja kartoitusilmakuvauskukselle. Julkaisu 1/1995. Verkkodokumentti.  
[http://foto.hut.fi/seura/julkaisut/erillisjulkaisu1\\_1995/teksti.html](http://foto.hut.fi/seura/julkaisut/erillisjulkaisu1_1995/teksti.html) Julkaistu 29.3.1995. Ei päivitystietoja. Viitattu 3.4.2010.
12. Liikennevirasto (Tiehallinto). Maastotietojen hankinta, toimintaohjeet. Pdf-dokumentti. [http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/maastot\\_hank.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/maastot_hank.pdf) Julkaistu 15.2.2002. Ei päivitystietoja. Viitattu 15.4.2010.
13. Maanmittauslaitos, Keskushallinto 1997. Kaavan pohjakartta, karttakohdemalli. Helsinki: Yliopistopaino.
14. Ahonen, Jari 2009. Haastattelu 30.9.2009. Kaavoitusinsinööri. Mikkelin kaupunki.
15. Lehtinen, Matti 2009. Haastattelu 14.10.2009. Apulaiskaupungingeodeetti. Mikkelin kaupunki.
16. Lehtinen, Matti 2008. Tarjouspyyntö. 29.1.2008. Mikkelin kaupunki, Tekninen toimi.
17. FM-International Oy 2008. Konsulttisopimus. Helsinki.

18. FM-International Oy. <http://www.finnmap.com/fi/index.php>.
19. FM-International Oy 2008. Työsuunnitelma. 8.4.2008. Helsinki.
20. FM-International Oy 2009. Työkertomus. 18.19.2009. Helsinki.

**LIITTEET**

1. Mittausluokat ja mittakaavat pohjakartoille.
2. Prosessikaavio.
3. Mikkelin teknisen toimen organisaatiokaavio.
4. Maastotyöohjeen esimerkki.

**MITTAUSLUOKAT**

Kartoitusalueet jaetaan kolmeen mittausluokkaan seuraavasti. Mittausluokka määrää mittaus- ja kuvaustarkkuuden.

**Mittausluokka 1:** Taajama-alueet, joilla maa on erittäin arvokasta, rakennus-  
oikeudet suuria ja yhdyskuntarakenne kaupunkimaista.  
Alueille laadittavissa asemakaavoissa on sitova tonttijako.

Yleensä tämän tyyppisillä alueilla ylläpidetään kantakarttaa tai numeerista maastotieto-  
järjestelmää, jonka laatu on vähintään tämän ohjeen suosittamaa tasoa.

Jos karttatietokantaa on tarkoitus käyttää osana kunnan maastotietojärjestelmää ja  
hyödyntää suurta tarkkuutta edellyttävässä teknisessä suunnittelussa, suositellaan käy-  
tettäväksi tarkempaa vaatimustasoa (mittausluokka 1e).

**Mittausluokka 2:** Taajama-alueet, joilla maa on arvokasta, rakentaminen  
pientalovaltaista mutta suhteellisen intensiivistä. Alueille  
laadittavissa asemakaavoissa on yleensä ohjeellinen tontti-  
jako.

Näitä ovat pienempien kuntien keskusta-alueet ja muut taajamat. Näihin kuuluvat  
myös loma-asumista tarkoittavat kaava-alueet, joille suunnitellaan runsaasti rakennus-  
oikeutta.

**Mittausluokka 3:** Muut alueet, joille laaditaan yleiskaavaa yksityiskohtai-  
sempi mutta vain vähäistä rakennusoikeutta tarkoittava  
kaava.

Tällaisia voivat olla alueet, joille laaditaan ranta-asemakaava, kaatopaikka-alueet ja  
muut erityisalueet, joiden kaavoittaminen ei edellytä kunnallisteknisen rakentamisen  
suunnittelua.

**KARTTOJEN MITTAKAAVAT**

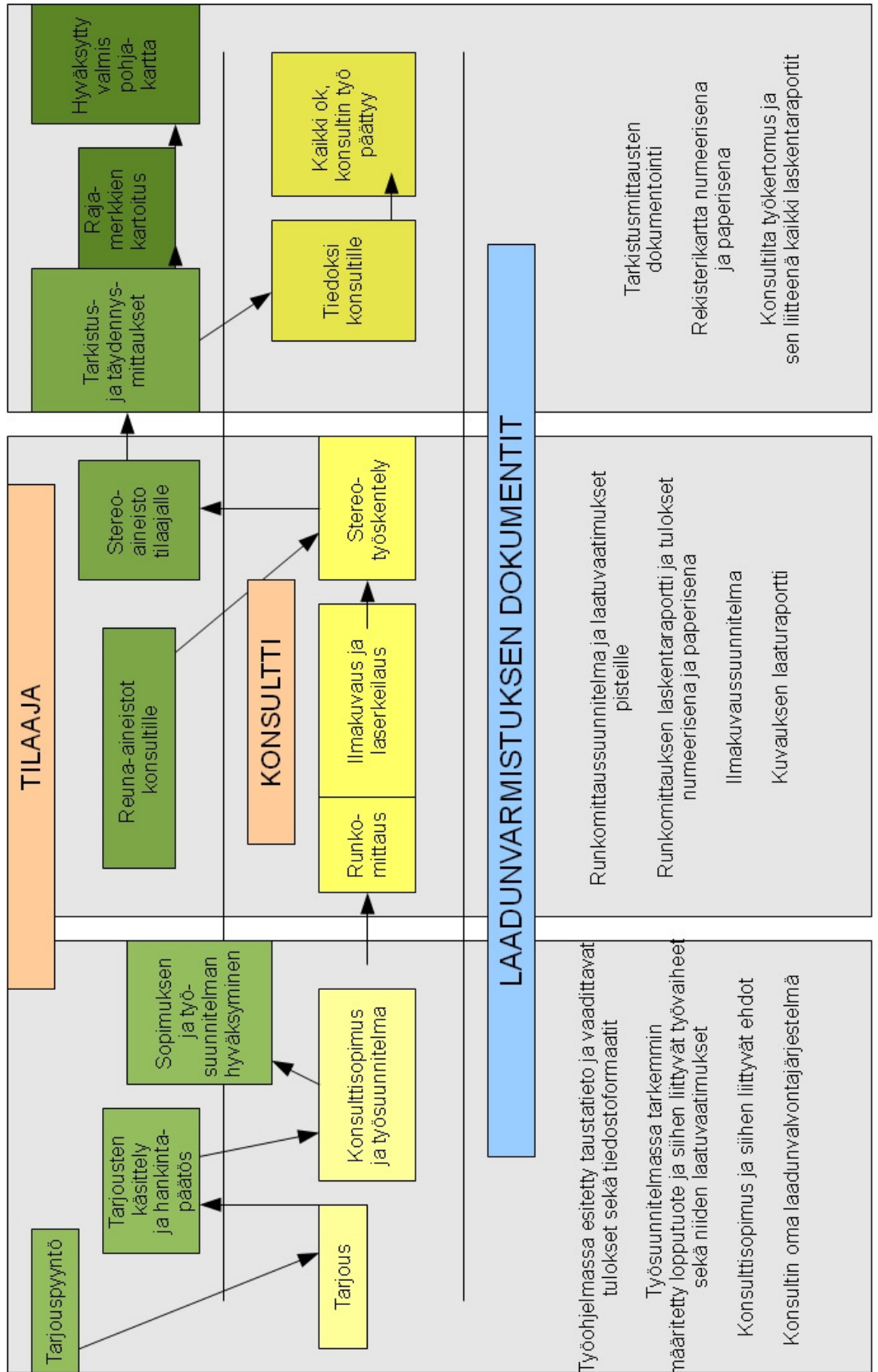
Mittausluokassa 1 kartan mittakaava on 1:500 tai 1:1000.

Mittausluokassa 2 kartan mittakaava on 1:1000 tai 1:2000.

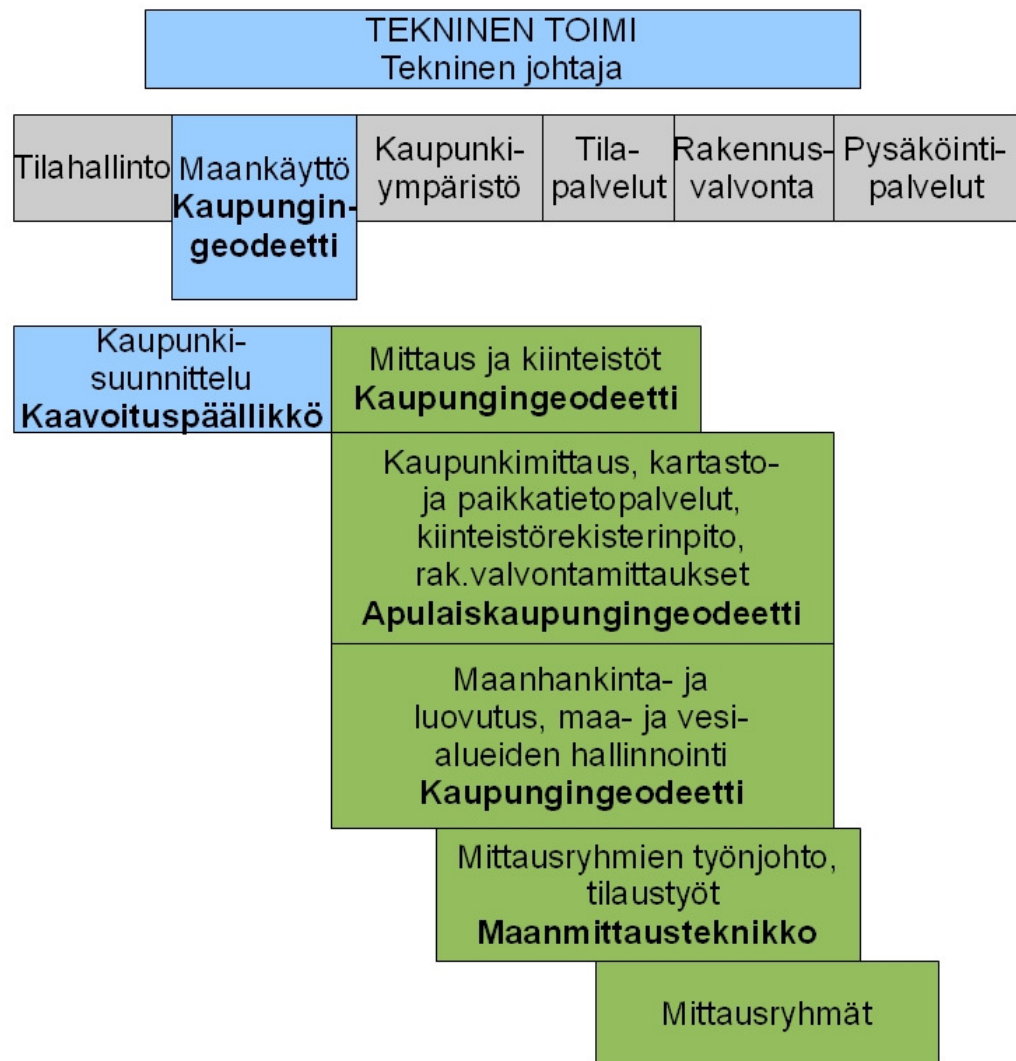
Mittausluokassa 3 kartan mittakaava on yleensä 1:2000.

Erityistapauksissa mittakaavaksi voidaan hyväksyä 1:4000 tai 1:5000, mikäli kaava sille asetettavia vaatimuksia olennaisesti syrjäyttämättä voidaan tällaiselle kartalle laatia.

Numeerisella kartalla ei ole mittakaavaa. Mittakaavalla voidaan kuitenkin kuvata tiedon tarkkuutta. Kerätyn tiedon tarkkuus vastaa tietyn mittakaavan mukaista karttaa. Numeerisesta tietokannasta ei pidä tulostaa suurempimittakaavaisia graafisia tuotteita, kuin mitä tietojen tarkkuus edellyttää.







## Esimerkki erään työvaiheen maastotyöhjeen sisällöstä

Ohjeen tarkoitus:

Tällä ohjeella halutaan yhtenäistää ja tehostaa työtapoja ja tuottaa laadukkaita pohjakarttoja.

Materiaalia:

Kaavoitusmittausohjeet 2003

Kaavan pohjakartta 1997

Laitteisto:

- Leica TCRP 1205
- Leica GPS1200 + SmartRover
- Leica SmartStation

Laatukriteerit:

- Mittaukset tehty oikeilla välineillä
- Mittaukset tehty oikeilla lähtötiedoilla
- Mitattujen pisteiden koodaus Stellan mukaisesti
- Tulostetulle kartalla merkitään ko. kohde
- Paperille piirretään mittatarkka piirros mitatuista kohteista dokumentointia varten

Vastuuhenkilöt:

Maastotöiden kussakin vaiheessa mittausryhmä, ellei erikseen sovita.

Maastotyöt:

- otokset tasaisesti alueelta
  - etukäteen suunnittelu kartalta
- käyrätarkistukset pitkistä, puisista rinteistä
  - mielellään n. 50 metrin matka
  - kohtisuoraan rinnettä ylös
  - kartoitetaan Stella-koodauksen korkeuspisteinä

- sijaintitarkistukset rakennuksista
  - mitataan 2-3 nurkkaa
  - mittanauhalla mitataan loput seinälinjat
  - arvioidaan räystäslinja mittaamalla mittanauhalla

Tiedostojen käsittely ja purku:

- Tiedostot tallennetaan niille osoitettuun kansioon (tarkistusmittaukset)
  - avataan niille tarkoitettuun kuvatiedostoon
  - tulostetaan paperille kuva pisteistä pohjakartan päällä
- Rakennusten seinälinjat täydennetään tulostetulle kuvalle mittojen avulla
  - kuvalle merkitään arvioitu räystäsmitta
- Korkeuspisteet tulostetaan digitoitujen käyrien kera
  - verrataan graafisesti pisteiden paikkaa käyriin
  - piirretään millimetripaperille kartoitetut korkeuspisteet sekä käyrät
- Kaikki tarkistusmittaukset arkistoidaan samaan kansioon
  - Liitteeksi kuva alueesta
  - Kartalle merkinnät mistä mikäkin tarkistusmittaus on tehty