

## Luento 11: Kartoitusprojektit

- Luento 11: Kartoitusprojektit  
 Paikkatietoaineistot  
 Suurikaavainen kartoitusprojekti  
 Esimerkki  
 Kartoitusprojektin vaiheet  
 Kustannukset  
 Sovellustoimituksia  
 Tiekartoitus  
 Videokuvamosaiikki  
 KADIP  
 Ohjeisto  
 Laadunvalvonta

### Paikkatietoaineistot

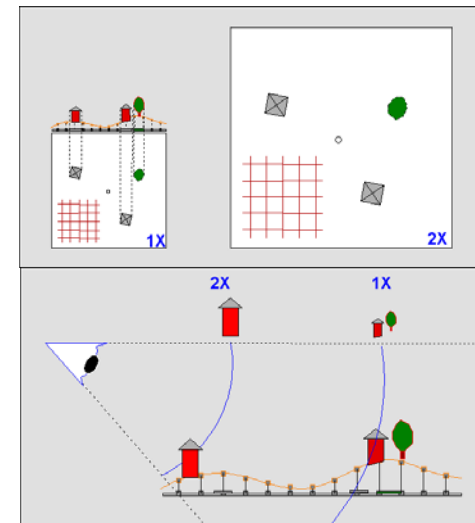
- Kartat, mallit, ortokuvat käsitteinä?
  - [../6/models/models.htm](#)
  - [../7/ortho\\_images/ortho\\_images.htm](#)
  - [../8/land\\_use\\_maps/land\\_use\\_maps.htm](#)

### Paikkatietoaineistot

Mittakaava	Mallin yksityiskohtaisuus	Mallin ulottuvuus	Lähin tarkastelu- etäisyys
1 : 10 000 000	1 km	*	2500 km
1 : 5 000 000	500 m	G	1250 km
1 : 2 000 000	200 m	L	500 km
1 : 1 000 000	100 m	O *	250 km
1 : 500 000	50 m	B N	125 km
1 : 200 000	20 m	A A	50 km
1 : 100 000	10 m	L T	25 km
1 : 50 000	5 m	* I *	12.5 km
1 : 20 000	2 m	O R	5 km
1 : 10 000	1 m	N E	2.5 km
1 : 5 000	0.5 m	A G	1.25 km

1 : 2 000	0.2 m	L I	500 m
1 : 1 000	0.1 m	* O *	250 m
1 : 500	50 mm	N L	125 m
1 : 200	20 mm	A O *	50 m
1 : 100	10 mm	L C I	25 m
1 : 50	5 mm	* A N *	12.5 m
1 : 20	2 mm	L D P	5 m
1 : 10	1 mm	* O R	2.5 m
1 : 5	0.5 mm	O O	1.25 m
1 : 2	0.2 mm	R D	50 cm
1 : 1	0.1 mm	* U	25 cm
2 : 1	0.05 mm	C	12.5 cm
5 : 1	0.02 mm	T	5 cm
10 : 1	0.01 mm	*	2.5 cm

Paikkatietoaineiston yksityiskohtaisuutta 1:1 tarkastelun tarpeisiin voidaan arvioida lähtien ihmissilmän lähinään erotuskyvystä, joka on 0.1 mm. Kun tämä muunnetaan lineaarisesti mittakaavan mukaan, saadaan oheinen vastaavuustaulukko 3D mallin yksityiskohtaisuuden ja 2D karttojen mittakaavatasojen välille.



3D mallin vaatimukset muuttuvat havainnollistamisen ulottuvuuksien lisääntyessä 2D kartasta 3D malliksi. Kartalla mittakaava muuttuu karttatason tasoon ja samanaikaisesti esitetään vain

yhtä 2D karttatasoa. 3D mallilla mittakava muuttuu perspektiivin mukana ja samanaikaisesti on esitettävä mittakaavaltaan useita eri tasoja. Tämä asettaa havainnollistettavan paikkatietoaineiston hallinnoimiselle erityisiä vaatimuksia, koska samaan näkymään on tuotava sisältöä eri tasoilta, eri etäisyyksillä ja erilaisella yksityiskohtaisuudella.

## Suurikaavainen kartoitusprojekti

- Suurikaavainen kartoitus 1:500 - 1:2,000 tehdään yleisesti numeerisena kaavoituksen pohjakartaksi tai kunnallistekniikan suunnittelua varten. Ohjeena voidaan käyttää maanmittauslaitoksen kaavoitusmittausohjeita. Nykyisin kartoitus tehdään yhä useammin myös suunnitelmien visualisoimiseksi.
- Kartan tuottajan kannalta fotogrammetrisessa kartoitusprojektissa on useimmiten kyse kertaluonteisesta perusaineiston toimittamisesta. Kartoitus tehdään ilmakuvilta stereokartoituksena.
- Suomessa suurikaavaiset kartoitustyöt tehdään pääasiassa kartoitusprojekteina alan konsulttiyrityksissä. Pääkaupunkiseudun kunnat sekä Tampereen kaupunki tekevät kartoituksia omiin tarpeisiinsa.
- Maastotyöt ennen kuvausta ja maastotäydennykset kartoituksen jälkeen kartan käyttäjä tekee usein itse, samoin myöhemmät täydennysmittaukset.
- Digitoituihin ilmakuviin perustuvat ajantasaisuustehtävät voidaan suorittaa yhä useammin myös käyttäjän toimesta.
- Yrityksiä
  - Maa ja Vesi Oy
  - FM-kartta Oy
  - SITO Oy
- Viitteet
  - Manmittauslaitoksen karttakohdemalli kaavan pohjakartoille
    - Käsi kirja karttakohteiden mallinnuksesta ja esitystavasta suurimittakaavaisissa kartoissa. Maanmittauslaitoksen julkaisuja n:o 85.. Tuotekoodi 1183. ISBN 951-48-0152-0. ISSN 1236-5084. Painopaikka: Yliopistopaino, Helsinki 1997.
      - <http://www.nls.fi/kartta/julkaisu/kmo/index.html>

## Esimerkki

- SITO-yhtiöt, Suomalainen Insinööritoimisto SITO Oy ja CityCAD Oy
  - Tutustuminen yhtiön kartoitustoimintaan 19.10.2001
    - Tj. Erkki Jännes, Veikko Korhonen ja Erno Puupponen
  - Päätoimialat (SKOL luokituksen mukaan)
    - Geotekniikka
    - Liikennetekniikka
    - Siltatekniikka
    - Mittaus- ja kartoitustekniikka
    - Rakennetekniikka
    - Tie- katu- ja aluetekniikka
    - Tutkimus ja kehitys
    - Maisemasuunnittelu
    - Tele- ja turvatekniikka
    - Ympäristösuunnittelu
    - Yhdyskuntasuunnittelu ja kaavoitus

- Henkilökunta konsernissa 115 henkilöä ja liikevaihto n. 40 Mmk
- Tuotteet ja palvelut
  - Numeeriset kartat
  - 3-D mallit
  - Digitaaliset ortokuvat
  - GIS-konsultointi
  - Maastomittaukset (täydentävää kartoitusta)
  - Erikoisfotogrammetria (esim. julkisivukartoituksia, kattokartoituksia)
  - Kehityshankkeet
- Mittausmenetelmät
  - Maastomittaukset
  - Perinteinen fotogrammetria (stereodigitointia analyttisellä stereokartoituskojeella)
  - Kuvakorrelaatio (automaattista pintamallin laskentaa digitaalisilta sterokuvilta)
  - Globaali rekonstruktio (automaattista korkeusmallin ja ortokuvan laskentaa digitaalisilta pienkamerakuvilta, KADIP)
  - Laserkeilaus
  - Maastomittaukset
- Kartoitusprojekti "Vuores", Tampereen ja Lempäälän rajalla
  - Numeerinen kartta ja maastomalli
    - kaavan pohjakartta mittakaavaan 1 : 1'000
    - kaksi kuntaa ja kaksi korkeusjärjestelmää, joten erilaiset korkeuskäyrät
      - mitataan maastomalli, josta käyrät lasketaan
  - Työvaiheet
    - valmistelevat maastotyöt (IV-2001)
      - runkoverkon rakentaminen, mittaus ja signalointi
      - harva runkoverkko (< 1 lähtöpiste / malli)
      - rajapyykkien signalointi tarvittavilta osin
        - osa mitataan pistetihennyksenä, osan kunnat mittaavat itse
    - ilmakuvaus (I/V-2001)
      - 1 : 3'300, kuvauskorkeus 500 m, 350 kuvaa
    - laserkeilaus ja kuvaus digitaalikameralla (4/V-2001)
      - laserilla kyetään kuvaamaan maapintaa myös peitteisellä alueella, mikä vähentää täydentävän kartoituksen tarvetta
      - kuvaus helikopterilla, kuvauskorkeus 300 m
    - ilmakuvakartoitus
      - projektiokeskusten GPS-hvainnoilla tuettu ilmakolmiointi
      - stereodigitointi analyttisillä kartoituskojeilla (Wild Aviolyt BC2)
    - laseraineiston käsittely
      - maanpinnan pintamallin suodatus pistepilvestä
    - ortokuvan laskenta digitaalikameran kuvista
      - mosaikointi ja pakkaus
    - jatkokäsittely
      - numeerisen kartan editointi kartan kuvausteknisten vaatimusten mukaan
        - kiinteistöt
        - rakenteet (rakennukset, tiet, sähkölinjat, pylväät, kaivot, jne.)

- käyrät, poistetaan rakennuksien ja teiden kohdalta
- pyykkit, numerot
- maastomallin erikoismerkit (viettoviivat, korkeusluvut, maanpinnan korkeuspisteet)
- tienpinnan laatu, ojien virtaus suunnat
- erikoismerkit (sähkölinjan Z, nurmi, metsä, jne.)
- o maastomallin tarkistus
  - maastomallin pistetiheyden riittävyys ja taiteviivojen edustavuuden arviomiseksi
  - vertailuprofiilit (laskettu - mitattu)
    - toimitetaan asiakkaalle
    - laaditaan Tielaitoksen tarkan maastomallin vaatimusten mukaisina
      - maastomallista laskettu
      - samalta stereomallilta mitattu, mutta maastomallia huomattavasti tiheimmällä pistevälillä
  - katvealueiden määrittäminen
  - laser- ja stereoaineiston yhdistäminen
  - korkeuskäyrien laskenta
- o Kehityshankkeita
  - KADIP
    - digitaalikameran kuvien käyttö korkeusmallin ja kuvamosaikien tuottamiseen PC-klusterilla
    - tavoite 10 cm korkeustarkkuus, saavutettiin 1 m
  - OMEGA
    - jäätikköalueiden maastomallin laskenta eri menetelmin
      - syyskuussa 2001 kuvattu 550 digitalista kuvaa, pituuspeitto 60 %, sivupeitto 40 %
  - Lasekeilaus
    - maanpinna ja rakenteiden kartoitus
  - "True"-ortokuvat
    - rakenteiden oikaisu pystyyn
    - katveiden tekstuurit viereisiltä kivilta

### Kartoitusprojektin vaiheet

- Kartoitusprojekti sisältää työsuunnitelman, aikataulun, resurssivaraukset, kustannusarvion. Kartoitusprosessi sisältää työmenettelyn kartan valmistamiseksi.
- Projekti on valmis, kun kartta on valmis ja vastaa sille asetettuja vaatimuksia, ja sekä asiakas eli kartan käyttäjä ja tuottaja eli kartan tekijä ovat kummatkin tyytyväisiä lopputulokseen.
- Projektin vaiheet
  1. Tarjouspyyntö
    - selvitys aineistoista, joilla kartan tekemisen kannalta on merkitystä: aiemmat kartoitukset alueella, pistekisteri, pyykkien koordinaatit..?
    - selvitys muista mittatavoitteista: kaivot, viemärit, maanalaiset johdot..?
    - asiakkaan tiedostoformaattit: Fingis, Tekla, Intergraph..?
    - muut kartoitusprosessiin vaikuttavat tarpeet: 3-D digitointi, pistetiheys..?

2. Työsuunnitelma
  - Asiakkaan kannalta hyvä aikataulu on seuraava
    - tammi-helmikuu: tarjouspyynnöt
    - toukokuu: kuvaus
    - kesäkuu: stereokartoitus
    - elokuu: maastotäydennykset
    - joulukuu: lopputarkastus
3. Kuvaus
  - lentokorkeus  $h = 600$  m, kuvausmittakaava 1:4,000, kuvaus väripositiivifilmille
4. Pistetiheys
5. Stereokartoitus
  - Suomessa käytössä olevalla kojekannalla
    - analogiakojeilla 1:1,000 - 1:2,000
      - koje: Wild A8, ..
      - kartoitusohjelmisto: CADMAP, ...
    - analyttisillä stereokartoituskojeilla
      - koje: Wild BC2, Zeiss Planicom P3, ..
      - kartoitusympäristö: Intergraph InterPro, Zeiss Phocus, ..
      - päällyttäminen
    - digitaalisilla stereokartoituskojeilla
  - kojeiden kuintotestit säännöllisesti
    - järjestelmäkaliibrointi
    - seurantakaliibrointi joka projektin yhteydessä, alussa ja lopussa
6. Maastotäydennykset
  - räystäsmittaukset
  - mahdolliset sokkelimitat asiakkaalta
7. Kartan editointi
  - paikkatietoaineiston muokkaus
  - graafinen työasema
  - koordinaatistomuunnokset
  - visualisointi
  - tulostus: elektrostaattisella piirturilla
8. Kartan tarkistus
  - graafinen
  - numeerinen: heti stereotyön jälkeen!
9. Kartan tulostus
  - graafisesti muoville: Wild TA10, ..
  - numeerisesti: korppu, disketti, nauha, ..

### Kustannukset

- Seuraavassa on esimerkki kustannusten jakaantumisesta yhdessä kartoitusprojektissa. Esitetyt kustannukset eivät perustu todelliseen tapaukseen, vaan ovat kuviteltuja. Luvuilla on kuitenkin tarkoitus antaa todenkaltainen käsitys siitä, mitä resurssivarauksia stereokartoitus analyttistä stereokojeita käyttäen 1990-luvun puolivälissä edellyttää. Esimerkissä on huomattava, ettei siinä ole maastotöiden kustannuksia huomioitu lainkaan.
- Numeerinen kartta 1:1000, 430 ha, yhteensä 317,000.- mk (n. 750.- mk/ha)
  1. **Ilmakuvaus 31,000.- mk**

- 3 jonoa, 10 kuvaa/jono, 700.- mk/kuva, yht. 21,000.- mk
- lento 10,000.- mk
- 2. **Mittaustyöt stereokojeella 96,800.- mk**
  - Pistetihennyksen havaintotyöt 10,800.- mk
    - 27 mallia, n. 1 malli/h, työ 100.- mk/h, yht. 2,700.- mk
    - koje 300.- mk/h, yht. 8,100.- mk
  - Stereokartoitus 86,000.- mk
    - 430 ha, 2 ha/h, 215 h (5 vko), työ 100.- mk/h, yht. 21,500.- mk
    - koje 300.- mk/h, yht. 64,500.- mk
- 3. **Tietojenkäsittely 14,800.- mk**
  - Pistetihennyksen laskenta 800.- mk
    - 3 jonoa, 1 h/jono + 1h, työ 100.- mk/h, yht. 400.- mk
    - laitekustannukset 100.- mk/h, yht. 400.- mk/h
  - Kuntotestit, muunnokset, 70 h, (100.- + 100.-) mk/h, yht. 14,000.- mk
- 4. **Kartografia 139,600.- mk**
  - Viimeistely
    - 1 ha/h, 430 h (2.5 kk), (100.- + 200.-) mk/h, yht. 129,000.- mk
  - Tulostus
    - 10 ha/h, 43 h, (100.- + 100.-) mk/h, yht. 8,600.- mk
  - Oikoluku
    - 20 h, 100.- mk/h, 2,000.- mk
- 5. **Johto ja valvonta 34,800.- mk**
  - sisävalvonta, 76 h, 300.- mk/h, 22,800.- mk
  - yleisjohto, 40 h, 300.- mk/h, 12,000.- mk
- Numeerinen kartta 1:500, n. 1,500.- mk/ha

### Sovellustoimituksia

- [Intergraph](#)
  - [MGE \(Modular GIS Environment\)](#)
  - GIS Office
  - GeoMedia
- [Bentley Microstation](#)
- [ESRI](#)
  - [ARC/INFO](#)
  - [ArcView](#)
  - [SDE \(Spatial Database Engine\)](#)

### Tiekartoitus

- Tarveselvitys
- Yleissuunnitelma
  - Numeerinen stereokartoitus 1 : 2000, kattaa 500 - 1000 m leveän kaistan tielinjan kummallakin puolen.
  - Kuvaus n. 1 : 12700 (h = 1900 m, f = 150mm)
  - Tukipisteistö, GPS:llä mitattu, 2 kpl 4 lk:n XYZ-pisteitä/malli tielinjalla, lisäksi 2 kpl korkeustukipisteitä mallin päissä.
  - Kuvaselvennys maastossa, mm. tukipisteiden tulkinta.
  - Kaavan pohjakartan mukainen maaastomallimittaus.
  - Muunnos KKJ:stä tielaitoksen omaan 'paalujärjestelmään'.

- Tiesuunnitelma
  - Tarkka, numeerinen maastomallimittaus.
  - Kuvaus 1: 3300, h = 500 m.
  - Stereomallille 12 kpl orientointitukipisteitä, jotka tihennetään kuvauksesta.
  - Lähtöpisteet signaloidaan, rakennetaan pakkokeskiseksi pulttikierteellä siten, että signaalille ei tarvitse tehdä erillistä korkeusmittausta.
  - On-line pistetihennys.
  - Sädekimppualuetasointu, kaikki havainnot samanpainoisia, ei lisäparametreja, tavoitteena  $\sigma(0) < 0.006$  mm.
  - Tukipisteet mitataan stereomalleja varten pistepareina, jolloin toinen varmistaa.
  - Maaston korkeusmalli
    - Maanpinta mitataan epäsäännöllisenä kolmioverkkona stereotulkintaa käyttäen.
    - Taiteiviivat mitataan murtoviivoina, pinta kolmioidaan pistevälillä <10 m.
    - Korkeuspisteistä saadaan mitattua stereokojeella 80 - 90 %.
    - Loput mitataan maastotäydennyksenä, esim. puuston katveet, siltarakenteiden aluset.
    - Korkeuspisteiden keskihajonta on 5 - 6 cm.
- Rakennussuunnittelu
  - Tehdään tiesuunnitelman maastomallilla.
  - Rakennussuunnittelun poikkileikkaukset tuotetaan korkeusmallin geometriadoista.
- Tieliikelaitoksessa edellä kuvattua fotogrammetrista menetelmää käytetään nykyään vain satunnaisesti. Maastomallituotanto perustuu ensisijaisesti laserkeilaukseen. Keilausten yhteydessä otetaan myöskin digitaaliset ilmakuvat, joista muodostetaan ortokuva. Ortokuvasta koodataan kohteita kartalle ja maastomalliin.

### Videokuvamosaiikki

- Erno Puupponen, [Tiesuunnittelussa käytettävien kuvamosaiikkien tuottaminen videokuvista](#)
- EnsoMOSAIC (*Janne Sarkeala, 1999*)



### EnsoMOSAIC - Mission planning

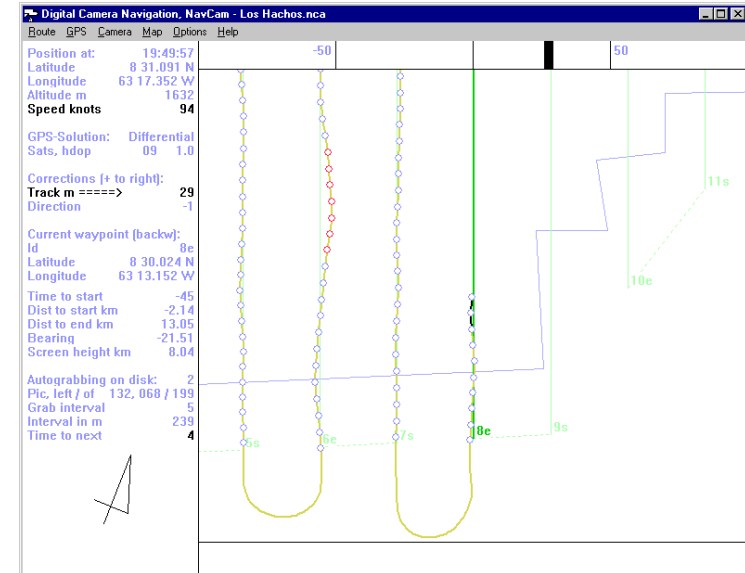
USER-SPECIFIED VALUES		CALCULATED VALUES	
Area of mosaic, ha	60,000		
Area of imagery, ha	65,000		
Flying height, m	700		
Camera opening angle, deg	58		
		Image width, m	776
Image width, pixels	1528	<b>Resolution</b>	<b>0.51</b>
Image length, pixels	1046	Image length, m	531
Overlap between lines, %	30		
Image overlap on line, %	50	Image area, effective, ha	14.4
		<b>No. of images, total</b>	<b>4505</b>
		No. of images, mosaic	4158
Image size, MB	1.2	Size, total, GB	5.6
		Size, mosaic, GB	1.8
		No. of flight lines, square	46.9
		Length of flight line, square	25.5
		No. of images/line, square	96
No. of flight lines, actual	48.0	Line interval, m	543
Length of flight line, actual	28.0	Frame interval, m	266
Aircraft speed, imaging, km/h	190	Frame interval, sec	5.0

A number of variables are taken into account in the flight planning. The most important ones are the total area and resolution of the final image mosaic and the image overlap along and between the flight lines.

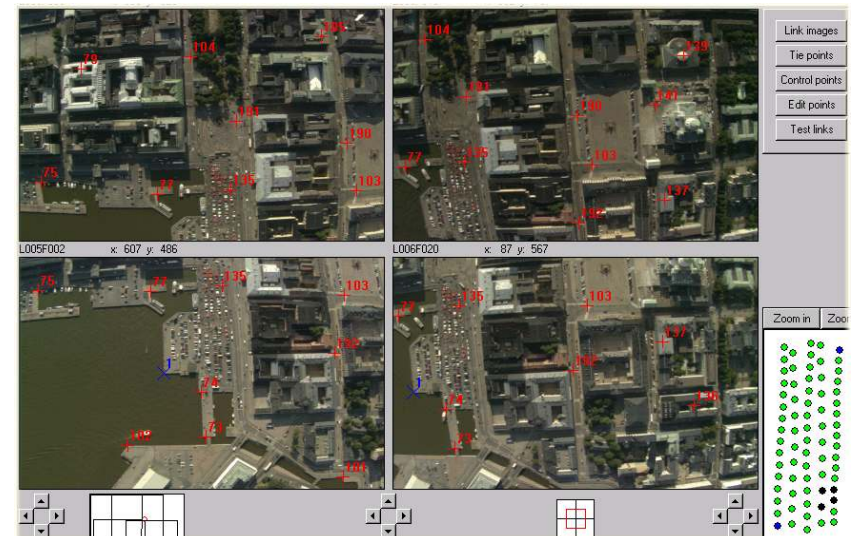
A work sheet provides the planner all the numeric information, part of which is presented here.

The numeric data are entered into the navigation and camera control software for aerial operations.

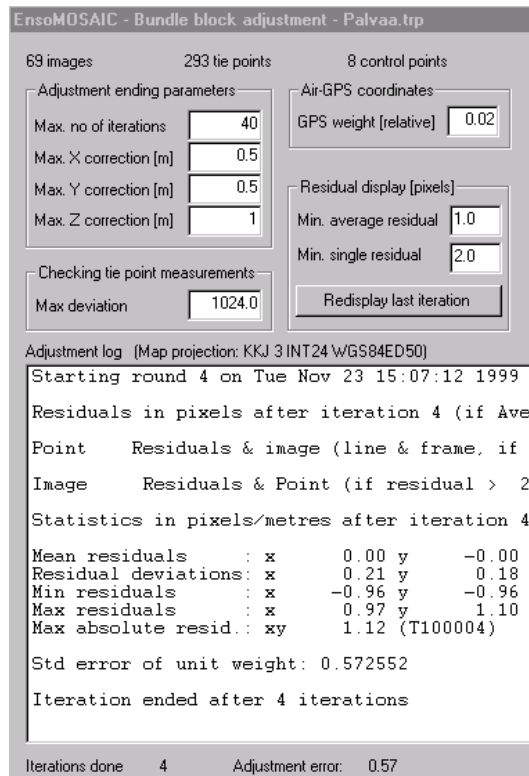
EnsoMOSAIC imaging process, flight planning.  
(<http://212.213.110.18/forestconsulting/eng/ensomosaic/imaging.html>)



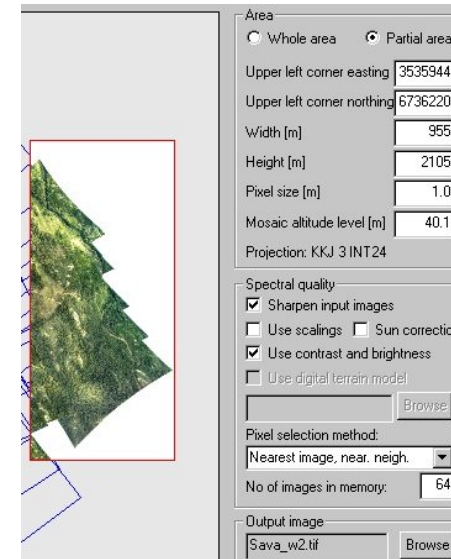
EnsoMOSAICK imaging process, flight navigation.  
(<http://www.vtt.fi/aut/rs/staff/holm/ilmakurssi/navcam.gif>)



EnsoMOSAICK image processing, tie point measurements.  
 (<http://212.213.110.18/forestconsulting/eng/ensomosaic/processing.html>)



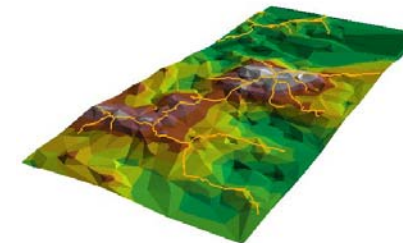
EnsoMOSAICK image processing, block adjustment.  
 (<http://212.213.110.18/forestconsulting/eng/ensomosaic/processing.html>)



EnsoMOSAICK Image processing, mosaicking. The geometric accuracy of the mosaic is 1-5 m with control points and a terrain model, and 5-10 m with the aerial GPS observations only.  
 (<http://212.213.110.18/forestconsulting/eng/ensomosaic/processing.html>)

- **Digital Terrain Model (DTM)**

- The EnsoMOSAICK system presented here is PC-based and fully operative. It automatically calculates altitude values for each given tie point. An internal DTM is processed from these altitude points and applied in orthorectification of the mosaic. The altitude values can also be exported to any GIS application and a DTM can be processed.

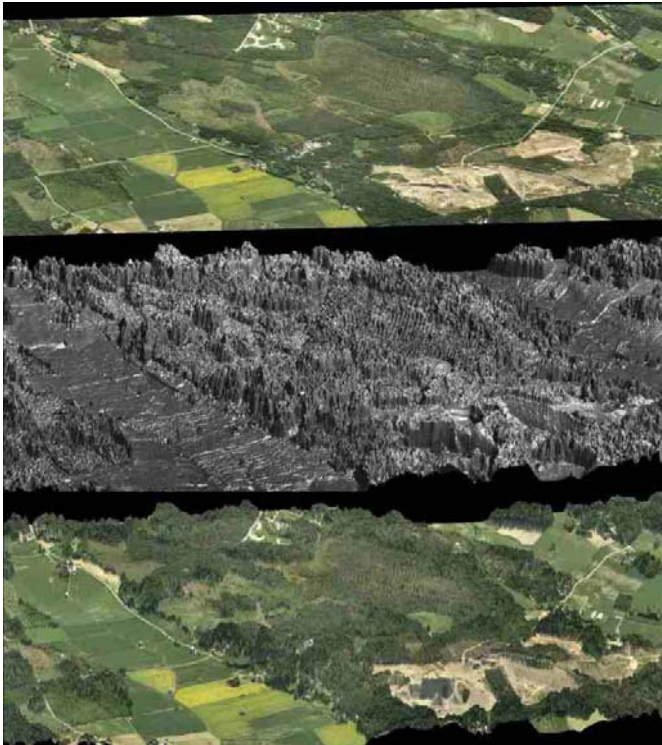


EnsoMOSAICK DTM.

(<http://212.213.110.18/forestconsulting/eng/ensomosaic/ensomosaic.html>)

- GLORE

- Simultaneously with the PC system, a prototype of an image processing system based on parallel computing has been created. The parallel system automatically creates a mosaic by first calculating a digital terrain model of the stereo images, and then orthorectifying the images with the terrain model. The 3-D system can be applied to produce a detailed digital terrain model. Since an altitude value is calculated for each pixel, the processed DTM is very accurate. (Image source: *Holm, M. 1999. Linux-cluster computes 3D image mosaics for forest management and road construction. CSC News, Vol. 11, No. 4, pp. 14-16.* - Click picture for enlargement.)



EnsoMOSAICK, 3D orthophoto and DTM.

(<http://212.213.110.18/forestconsulting/eng/ensomosaic/ensomosaic.html>)

- Saksittua
  - **TEKES, Vuosikertomus 1996**
    - Enso Forest Development Oy Ltd ja VTT Automaation Kaukokartoitusryhmä ovat kehittäneet uuden videokuvajärjestelmän lentokoneesta tapahtuvaan luonnonvarojen yksityiskohtaiseen kaukokartoitukseen. Yksittäiset videon pysäytyskuvat digitoidaan ja

liitetään toisiinsa yhtenäiseksi kuvamosaiikiksi puoliautomaattisesti pc-tietokoneohjelmalla. Mosaikoinnin edellytys on, että pysäytyskuville on kerätty GPS-paikkannustieto (Global Positioning System) lennon aikana.

- TEKES:in tuella toteutettu projekti alkoi vuonna 1994 ja se päättyi vuoden 1996 lopussa. VTT on vastannut ohjelmiston kehitystyöstä ja Enso Forest Development testauksesta ja operatiivisesta käytöstä. Menetelmä kehitettiin erityisesti trooppisiin olosuhteisiin, joissa pilvisuus haittaa sekä ilma- että satelliittikuvien saantia.
- **Janne Sarkeala, Stora Enso Forest Consulting (Syyskuussa 1999)**
  - Stora Enso Forest Consultingin ja VTT Automaation Kaukokartoitusryhmän kehittämä digitaalilukuvälinejärjestelmä on korvannut aiemman videokuvauksen perustuvan metsäkartoitussovelluksen. Kuvat otetaan digitaalikameralla Minolta RD-175. Videokameraa käytetään vain lähi-infra-alueella kuvattaessa. "Oikeastaan jako pitäisi olla ilmavalo- ja ilmavideo- ja ilmadigitaalikuva; sen verran paljon videokuva ja digitaalikuva poikkeavat toisistaan ominaisuuksiltaan ja kuvanottotekniikaltaan.
  - Järjestelmässä käytetään laajakulmaobjektiivilla varustettua 3ccd -kameraa, jolla laskennallinen kuvaresoluutio on 1528x1046 pikseliä. Maastossa pikselikoko on 0.5 metriä 700 metrin korkeudelta ja 1.0 metriä 1400 metrin korkeudelta kuvattaessa.
  - EnsoMOSAIC'in tärkeimmät käyttökohteet ovat ympäristösovellukset, kuten metsäkartoitus ja maankäytön seuranta. Kartoituksen kuvaus sopii varsinkin kehitysmaissa joissa olemassaolevien karttojen tarkkuus on kyseenalainen tai karttoja ei ole.
  - EnsoMOSAIC'in käyttö on operatiivista. Kaikkiaan on kuvattu ja kartoitettu n. 2 milj hehtaaria kahdeksassa maassa. Ilmakuvamosaiikin tarkkuus on n. 4 metriä (ero ns. oikeaan tulokseen eli suomalaisen peruskarttaan tai dgps-mittaukseen (verrattuna) keskihajontana ilmaistuna. Tähän päästään pelkkien lentokoneen DGPS-havaintojen perusteella. Tarkkuutta voidaan parantaa maastomittauksilla, joita ei ole kuitenkaan yhdessäkään operatiivisessa hankkeessa käytetty.
  - Digitaalikuvaus on kilpailukykyinen ja sopii filmi-ilmakuvausta paremmin kun
    - kohdealue on suhteellisen pieni (alle 1 milj ha), ja
    - oikaistu lopputuote halutaan nopeasti, päivissä tai viikoissa (kuvaus voidaan tehdä pilven alta ja prosessointi on nopeaa),
    - lopputuote halutaan suoraan paikkatietojärjestelmään (erillistä skannausta tai oikaisua ei tarvita, vaan kaikki hoituu samalla ohjelmalla), ja
    - prosessin sivutuotteena syntyvälle korkeusmallille on kysyntää tai arvoa.
  - Ylläoleva koskee digitaalikuviin prosessointia PC:llä. Tämän lisäksi on meneillään VTT:n TEKES-projekti KADIP, jossa pyritään kuvien automaattiseen rinnakkaisprosessointiin.
  - Esimerkkikuvia on tarjolla demo-CD:nä. Samoin toki painettua materiaalia.
  - Julkaisuja

- Sarkeala, J., 1998. Competitor for Aerial Photography. In: A Look at the Earth - Significance of Earth Observation for Finland. TEKES, Technology Development Centre, Finland.
- Holm, M., Lohi, A., Rantasuo, M., Vaatainen, S., Höyhty, T., Puumalainen, J., Sarkeala, J., Sedano, F., 1999. Creation of large mosaics of airborne digital camera imagery. The Fourth Airborne Remote Sensing Conference, 21-24 June 1999, Ottawa, Canada.
- Sarkeala, J., 1999. Digitaalililmakuvasta paikkatiedoksi. Positio 1/99
- Tilanne 2004: <http://www.indufor.fi/pdf-files/ensomosaic.pdf>
  - Kamera:
    - Digital still camera, 5.33 megapixel CCD sensor
    - Output image resolution  $3\ 008 \times 1\ 960$  pixels
    - Sensitivity of the sensor 125-800 ASA (ISO)
    - Image storage on IBM Microdrive or Compact Flash cards
    - Minimum image interval 2 seconds
    - 14mm Nikkon lens: opening angle 78 degrees
  - Mosaicking software
    - Automatic tie point and control point measurement.
    - Automatic image rectification and resampling of mosaic
    - Spectral corrections
    - DEM production
    - Orthorectification, output of single images and mosaic tiles
    - Productivity: 2 000 images / week / computer time.

## KADIP

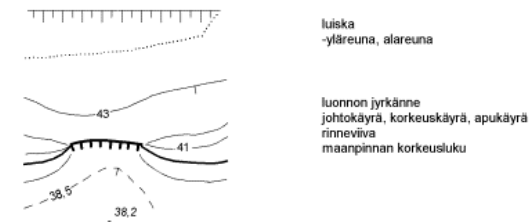
- TEKES-hankkeessa "Korkeusmallin automaattinen tuottaminen digitaalililmakuvista PC-klusterilla" selvitettiin globaalinen rekonstruointimenetelmän (GLORE) soveltuvuutta käytännön kartoitussovelluksiin. Tutkimushankkeen toteutti VTT Automaation kaukokartoitusryhmä ja se päättyi vuonna 2000.
- Tutkimuksen kohteena oli korkeusmallin automaattinen tuottaminen kolmiulotteisuudeltaan hankalissa kohteissa, esimerkiksi
  - kaupunkimallit radiopuhelinverkkojen suunnittelun tarpeisiin,
  - tiensuunnittelun maastomallit massalaskennan tarpeisiin,
  - maa- ja metsätalousvaltaisten alueiden ympäristömallit metsäinventoinnin tarpeisiin.
- Globaalinen rekonstruointimenetelmän perusalgoritmit on kehitetty VTT:ssä 1990-luvulla (Holm, 1994). Menetelmä on tarkka, koska siinä mallinnetaan samanaikaisesti kohteen geometria ja ilmiasu ja havainnot kerätään tiheällä videoilmakuvauksella, jonka pituus- ja sivupeitot ovat luokkaa 60-70 %. Vuosina 1995-1998 toteutetussa EU:n ESPRIT-III projektissa menetelmä esiteltiin rinnakkaislaskentakoneissa (Telmat 330, Telmat 310 ja IBM SP2) ja kuvaukset tehtiin digitaalikaleroilla.
- KADIP-projektissa rinnakkaislaskentaympäristö rakennettiin PC-klusterina Vaasan Technobothnian tiloihin. Klusteri valmistui keväällä 1999, jolloin se käsitti 16 PC-konetta. Koneiden prosessorina on PIII 650. Näistä yksi toimii edustaokoneena ja muut sivukoneina. Edustakoneessa on muistia 384 MB ja levytilaa 45 GB, sivukoneissa 128-384 MB ja levytilaa 10 GB. Rinnakkaislaskentaohjelmistona on Oak

Ridge National Laboratoryn Parallel Virtual Machine PVM ja käyttöjärjestelmänä SuSe Linux 6.0.

- Koekuvauksia tehtiin neljässä kohteessa.
  - Kuvasalaluksena käytettiin matalakuvauksissa (150 - 250 m) helikopteria ja korkeakuvauksissa (1000 m) lentokonetta.
  - Digitaalikalameran kuvakoko oli  $1532 \times 980$  pikseliä ja resoluutio maastossa matalakuvauksissa 0.10 - 0.20 m, korkeakuvauksissa 0.70 m.
  - Suurimmat kuvablokit käsittivät 10 - 15 jonoa, joissa yhteensä 400 - 500 kuvaa 60 - 70 % pituus- ja sivupeitolla.
- Tuloksia ja johtopäätöksiä:
  - Korkeusmallin tarkkuuden todettiin olevan 1-2 metriä, mikä riittää hankkeessa käsiteltyihin sovelluksiin. Tarkkuus vastaa suhdelukua 0.5-1 % lentokorkeudesta.
  - Rekonstruointimenetelmä edellyttää toimiakseen kameraorientointien likiarvot. Käytännössä ne hankitaan ilmakolmioinnilla. GPS-havaintojen tarkkuus ei yksinään riitä, vaan niiden lisäksi on käytettävä inertiaalipaikannusta..
  - GLORE-sovelluksen automaattinen ajaminen rinnakkaislaskentaympäristössä edellyttää tähän soveltuvan käyttöliittymän kehittämistä.
- References
  - VTT. KADIP <http://www.vtt.fi/te/research/te1/te14/proj/kadip/>
  - TEKES, 2001. TEKES, Uutisia: Virtuaalimalleja ilmakuvien pohjalta [http://www.tekes.fi/uutisia/uutis\\_tiedot.asp?id=995](http://www.tekes.fi/uutisia/uutis_tiedot.asp?id=995)

## Ohjeisto



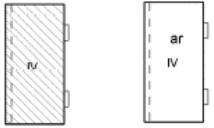



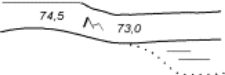









- FKS Suositukset Suomessa tehtävälle mittaus- ja kartoitusilmakuvaukselle
  - [http://foto.hut.fi/seura/julkaisut/erillisjulkaisu1\\_1995/teksti.html](http://foto.hut.fi/seura/julkaisut/erillisjulkaisu1_1995/teksti.html)
  - [Luento 2](#)



luisika  
-yläreuna, aläreuna

luonnon jyrkänne  
johtokäyrä, korkeuskäyrä, apukäyrä  
rinneviiva  
maanpinnan korkeusluku



	asuinrakennus, pientalo, harjaviiva
	vapaa -ajan asuinrakennus, harjaviiva
	asuinrakennus, kerrostalo sisennys, uloke
	lamppi tai vesikuoppa, kaislikko tai ruovikko
	oja tai puro -yksikäsitteinen, epämääräinen, veden virtaussuunta
	leveä oja, veden virtaussuunta
	keinotekoinen rantaviiva luonnonrantaviiva joki, koski tai putous vedenpinnan korkeuslukuja tulva-alue
	valonheittinmasto, muu masto savupiippu, savupiipun korkeus
	kaivo, suihku
	muistomerkki, polttoaineen jakelulaite
	kivialta, -muuri
	aita
	tilanraja
	epävarma tilanraja
	tontinraja yleisen alueen raja
	rajapyykki kadonneen rajamerkin todennäköinen sijainti rajapiste suuntapyykkejä

	mm	‰	s_XY	s_Z
Signaloidut pisteet	0,006	0,06	0,042	0,063
	s_XY_def	s_Z_def		
Luonnolliset kohteet				
- rakennuksen nurkka	10	15	0,10846	0,16269
- viemärinkansi	5	3	0,0653	0,06978
- pellon nurkka	70	15	0,70126	0,16269
- puut ja pensaats	70	70	0,70126	0,70283
	mm	‰		
Korkeusmalli taiteviivat	0,045		0,315	
korkeuskäyrät		0,25		0,2625
korkeusmallin pisteet		0,15		0,1575
		0,1	0,105	

Mittausepävarmuus vaihtelee erilaisilla kohteilla. Oheisen taulukon arvot on laskettu kuvauskorkeudelle 1050 m, jolloin mittakaava on 1:7000 ja kartoitusmittakaava 1:2000. Signaloidut pisteet, jotka kolmioidaan, ovat tarkimmat ja voidaan havaita 0.006 mm keskivirheellä kuvalta, mikä vastaa 4.2 cm keskivirhettä maastossa. Tätä voidaan kutsua tämän kuvauksen perusepävarmuudeksi. Korkeushavainnon epävarmuuden promillekertoimena voidaan signaloiduille pisteille pitää arvoa 0.06, mikä vastaa maastossa 6.3 cm epävarmuutta. Luonnollisten kohteiden kartoitusepävarmuus voidaan arvioida lisäämällä signaloidun pisteen epävarmuuteen kyseisen kohteen tulkinnan epävarmuus. Jos esimerkiksi rakennuksen nurkan tulkintaepävarmuus kohteella on 10 cm ja tähän lisätään toiseksi komponentiksi kuvauksen perusepävarmuus 4.2 cm, saadaan havainnon yhteiseksi epävarmuudeksi 10.8 cm.

- FKS [Ohjeet tarkan fotogrammetrisen kartoitusmittauksen suorittamista varten](http://foto.hut.fi/seura/julkaisut/erillisjulkaisu1_1993/teksti.html)
  - o [http://foto.hut.fi/seura/julkaisut/erillisjulkaisu1\\_1993/teksti.html](http://foto.hut.fi/seura/julkaisut/erillisjulkaisu1_1993/teksti.html)
  - o Lopputuloksen tarkkuus
    - $\sigma_{XY} = 20$  mm ja  $\sigma_Z = 30$  mm, yksikäsitteisille symmetrisille kohteille, kuten ilmakuvavirheille
    - $\sigma_{XY} = 35$  mm ja  $\sigma_Z = 50$  mm, tavanomaisissa epäsymmetrisissä, yksikäsitteisissä kohteissa
  - o Tarkastaminen
    - Mitataan maastossa  $n$  kpl pisteitä, jotka voidaan yksikäsitteisesti tunnistaa ja mitata ilmakuvilta.
    - Tarkastusmittausten keskivirheen tulee olla parempi kuin  $\sigma_{XY\_GEOD} = 15$  mm ja  $\sigma_Z\_GEOD = 15$  mm. Tasokoordinaatit tarkastetaan säteettäisellä mittauksella ja korkeus vaaitsemalla tai trigonometrisesti.
    - Ensimmäisessä vaiheessa lasketaan testisuure  $t$  ja verrataan sitä testirajaan  $t_0$ . Testisuurelle lasketun arvon tulee olla kullakin koordinaatilla pienempi kuin testiraja. Tulkintaepävarmuus otetaan huomioon kohteilla, joita ei voida yksikäsitteisesti tunnistaa.

- Tavallisissa kohteissa testiraja on  $t_0 = 120$  mm, mikä vastaa likimäärin arvoa 60 mm, kun satunnainen ja systemaattinen virhe yhdistetään (neliöllinen keskiarvo).
- Toisessa vaiheessa testataan sitä, kuinka moni yksittäinen koordinaattipoikkeama  $d_i$  ylittää testirajaan  $t_0$ . Jos tämä ylittää sallitun määrän, toistetaan testi kaksinkertaisella määrällä tarkastuspisteitä. Jos testi ei edelleenkaan mene läpi, työ ei täytä asetettuja tarkkuusvaatimuksia.

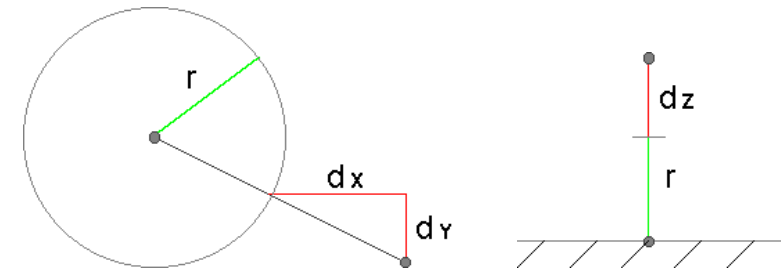
$$d_i = (d_F - d_G)_i$$

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

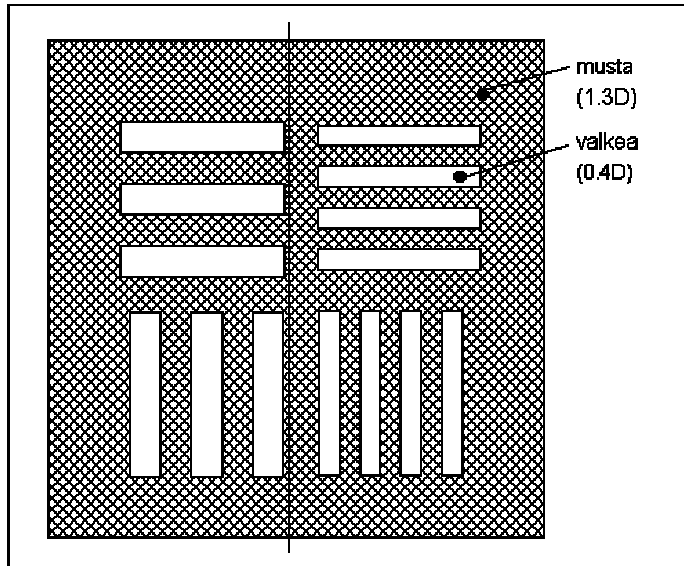
$$t = |\bar{d}| + k \sigma_d$$

Pisteiden kokonaisuus	Tarkastuspisteiden lukumäärä $n$	Sallittu ylitysten määrä	$k$
50 - 100	5	0	1.2
101 - 150	10	0	1.4
151 - 500	15	1	1.5
501 - 1000	20	1	1.5
1001 - 5000	30	2	1.6
	40	2	1.6
5001 - 10000	50	3	1.6
	60	4	1.6
10001 - 50000	100	6	1.7
	200	12	1.7



Tarkastusmittauksissa otetaan huomioon kohteen tulkintaepävarmuus. Testisuure  $d = 0$ , kun kohde asettuu tulkintaepävarmuuden  $r$  alueelle, muulloin  $d_x$ ,  $d_y$  ja  $d_z$ .

- Geodeettinen runkoverkko ja signaointi
  - Sekä tasokoordinaattien että korkeuden täytyy olla homogeenisessa järjestelmässä. Tämä edellyttää yleensä alueen runkoverkon tarkistamista ja uudelleenlaskentaa.
  - Kiintopisteiden koordinaatit ja korkeudet on määritettävä suhteellisella tarkkuudella 1:50 000. Jos pisteväli on alle 500 m, pistevirheen tai korkeuden keskivirheen maksimiarvo on 10 mm.
  - Kiintopistemerkki rakennetaan niin, että signaalit voidaan kiinnittää niihin keskeisesti esim. kierrepultilla.
  - Signaalit ovat valkoisia ristisignaaleja, joiden osat ovat noin 100 mm x 600 m, tai pyöreitä levyjä, joiden halkaisija on 250 ... 300 mm.
    - Signaalit voidaan myös maalata suoraan kohteeseen.
    - Signaalit maalataan mattavalkoisella ja huolehditaan siitä, että kontrasti on joka suuntaan hyvä.
- Ilmakuvaus
  - Kuvaus suoritetaan pääsääntöisesti laajakulmakameralla
    - Kamerassa tulee olla kahdeksan kehysmerkkiä.
    - Mikäli kuvaustavasta aiheutuva kuvaliike ylittää  $15 \mu\text{m}$ , on käytettävä kuvaliikkeen kompensattorilla varustettua kameraa.
    - <http://www.foto.hut.fi/300/luennot/8/8.html#Kuvaus- ja kartoitusmittakaavat>
  - Kuvaus tehdään 60 % pituus- ja 60 % sivupeitolla mittakaavassa 1:3500 tai tätä suuremmassa mittakaavassa.
    - Reunimmaisten jonojen kuvien on ulotuttava noin 60 % varsinaisen mitta-alueen ulkopuolelle ja jonojen päissä olevien kuvien on sijaittava kokonaisuudessaan varsinaisen mitta-alueen ulkopuolella.
    - Kuvausjonot tulee mahdollisuuksien mukaan suunnitella itä-länsisuuntaisiksi.
  - Kuvalaataa kontrolloidaan testitalujen avulla.
  - Ilmakuvausissa noudatetaan muilta osin Fotogrammetrian ja Kaukokartoituksen Seuran ja Kuntaliiton toimesta laadittuja suosituksia.
    - Suosituksot Suomessa tehtävälle mittaus- ja kartoitusilmakuvauselle, Fotogrammetrian ja Kaukokartoituksen Seura ry:n julkaisu 1/1993 ([http://foto.hut.fi/seura/julkaisut/erillisjulkaisu1\\_1995/teksti.html](http://foto.hut.fi/seura/julkaisut/erillisjulkaisu1_1995/teksti.html))



Ilmakuvauksen valokuvauksellisen laadun kontrollointi voidaan suorittaa tehokkaasti testitaulujen avulla. Testitauluissa on toisiaan vastaan kohtisuorissa suunnissa testikuviot, joiden kontrasti on 1:8 ja viivataajuudet 20 ja 30 viivaparia/mm (lp/mm) kuvausmittakaavassa. Viivojen ja viivavälien suuruudet kuvalla ovat tällöin 25  $\mu\text{m}$  ja 17  $\mu\text{m}$ . Esimerkiksi kuvausmittakaavassa 1:3000 testitaulun viivojen ja viivavälien leveys on tällöin vastaavasti 75 mm ja 50 mm.

Lp/mm	Juovaleveys kuvalla ( $\mu\text{m}$ )	Juovan mitat levyllä (mm)	
		leveys	pituus
20	25	75	400
30	17	50	400

Kuvausmittakaavan ollessa 1:3000 testilevyn mitat ovat oheisen taulukon mukaisia.

#### o Pistetihennys

- Tasolähtöpisteiden välimatka ei saa olla yli 500 m eikä korkeuslähdepisteiden väli yli 300 m.
- Tihennyspisteitä tulee olla kuvaa kohti vähintään 15 kpl ja keskimäärin vähintään 20 kpl sijoitettuina niin, että ne mallikohtaisessa mittauksessa kattavat mitattavan alueen.
  - Pistetihennyksessä voidaan haluttaessa määrittää koordinaatit kaikille kartoitettaville pisteille.
  - Mittausalueen ulkopuolelta on mitattava ylimääräisiä pisteitä siten, että tasoituspisteistö on homogeeninen.

- Kuvakoordinaatit mitataan komparaattorilla tai analyttisellä stereomittauskojeella komparaattorimoodilla.
  - Mittauskojeen koordinaattimittauskeskivirhe saa olla enintään 3  $\mu\text{m}$ .
    - Tarkkuus todetaan gitterimittauksella jokaisen mittaustehtävän yhteydessä.
    - Mitattavan materiaalin on ennen mittausta annettava stabiloitua mittaushuoneen lämpötilaan ja kosteuteen. Myös mittauskojeen on annettava stabiloitua mittausolosuhteisiin.
  - Havainnot muunnetaan kamerakoordinaatistoon affiinisella muunnoksella käyttäen kahdeksaa kehysmerkkiä.
    - Kehysmerkkimuunnoksessa maksimijännösvirhe saa olla korkeintaan 15  $\mu\text{m}$ .
  - Kuvakoordinaateista poistetaan maan kaarevuuden ja ainakin symmetrisen säteettäisen piirtovirheen vaikutus.
- Blokkitasoitukseen valitaan homogeeninen pisteistö, jossa jokaisella kuvalla on vähintään 15 pistettä ja keskimäärin ainakin 20 pistettä kuvaa kohti. Havaintoja käsitellään samanpainoisina.
  - Estimoitu kuvakoordinaattihavainnon keskivirhe ei saa ylittää arvoa 6  $\mu\text{m}$  eikä maksimijännösvirhe arvoa 20  $\mu\text{m}$ .
  - Itsekalibrointiparametrien käyttö on sallittua, mutta ei välttämätöntä. Parametrien tulee kuitenkin olla blokkikohtaisia eikä kuvakohtaisia.
  - Kaikkien tasoituksessa mukana olevien tihennyspisteiden tulee olla liitospisteitä eli pisteet on mitattu vähintään kolmelta kuvalta.
- o Stereomittaus
  - Stereomittaus suoritetaan stereomalleilta, joissa pituuspeitto on noin 60%.
  - Mittauslaitteena käytetään analyttistä stereomittauskojetta.
    - Laitteen koordinaattimittauskeskivirhe saa kalibroinnin perusteella olla korkeintaan 3  $\mu\text{m}$ .
    - Mittauksessa otetaan huomioon maan kaarevuuden ja ainakin symmetrisen säteettäisen piirtovirheen vaikutus.
    - Kuvamateriaalin ja mittauskojeen on annettava stabiloitua mittausolosuhteisiin.
  - Sisäinen orientointi tehdään affiinisella muunnoksella käyttäen kahdeksaa kehysmerkkiä.
  - Keskinäinen orientointi suoritetaan vähintään kymmenen pisteen avulla (ns. Gruber-pisteet täydennettyinä tunnetuilla pisteillä).
    - Keskinäisen orientoinnin jälkeisen pystyparallaksin maksimiarvo on 10  $\mu\text{m}$ .
  - Absoluuttisessa orientoinnissa tulee käyttää lähtöpisteinä kaikkia pistetihennystasoituksessa mukana olleita pisteitä.
    - Tukipisteiden muodostaman piirin tulee sulkea sisäänsä koko mallilta mitattava alue.
    - Absoluuttisen orientoinnin jännösvirheet eivät saa ylittää arvoa 60 mm.

- Orientoinnin stabiiliutta tulee seurata mallin mittauksen aikana.
  - Jos korkeuslähde pisteissä havaitaan yli 60 mm ristiriitä, on orientointi kokonaisuudessaan uusittava (myös sisäinen orientointi).
  - Jos mittauksen aikana havaitaan oleellisessa määrin pystyparallaksia, on orientointi myös tällöin kokonaisuudessaan uusittava.
- Tielaitoksen ohjeet fotogrammetrisen maastomallimittausten suorittamisesta
  - Julkaisu sisältää ohjeet fotogrammetrisen pistetihennyksen, fotogrammetrisen maastomallimittauksen ja maastomallin täydennysmittauksen suorittamiselle sekä standardin maastomallin maastopistetiedolle.
    - Fotogrammetrinen pistetihennys
      - FKS:n ohjeiden 1/1993 mukaan.
      - Fotogrammetristen ja geodeettisten koordinaattien eroista (DX, DY, DZ) lasketun neliökeskiarvon tulee olla alle 0,05 m. Yksittäiset erot, jotka ovat yli 0,1 m, raportoidaan tilaajalle.
      - Tulosteet, mm. reunamerkkimuunnokset, tasoituksen runkopisteet ja niiden koordinaatit, ratkaisun jäännösvirhe, suurin koordinaatin korjaus, suurin residuaali, summa (pvv), kuvien orientointitekijät, mitattujen pisteiden korjatut kuvakoordinaatit ja residuaalit, tukipisteiden fotogrammetriset ja geodeettiset koordinaatit ja niiden erot (neliökeskiarvot ja absoluuttikeskiarvot), liitospisteiden ja tihennettävien kiintopisteiden koordinaatit.
    - Fotogrammetrinen maastomallimittaus
      - FKS:n ohjeiden 1/1993 mukaan.
      - Taitekohdat mitataan taiteviivoina ja muut aluet hajapistein. Hajapisteistöä ei saa mitata säännöllisenä linjastona tai ruudustona. Yli 10 m metrin pisteväliä ei saa käyttää. Lisäksi mitatan tilaajan osoittamat signaloidut kohteet ja muut yksityiskohtat.
    - Tarkkuusvaatimukset
      - Mittaustarkkuus
        - FKS:n ohjeiden mukainen tarkkuusvaatimusten testisuure  $t$  tulee olla 130 mm.
      - Maastomallin interpolointitarkkuus
        - Pisteistö tulee mitata siten, että mallista interpoloitujen ja suoraan stereomallilta mitattujen leikkausten väliset poikkeamat noudattava seuraavia arvoja:
          - Sallitut poikkeamat korkeudessa:
            - keskipoikkeama: alle 100 mm,
            - maksimipoikkeama: alle 250 mm,
            - maksimin ylittäviä: 1 %.
        - Poikkeamat tarkistetaan vertaamalla leikkauksia keskenään. Leikkauksia mitataan vähintään yksi kultakin stereomallilta. Ne piirretään mittakaavassa 1:1000 / 1:50 ja poikkeamista lasketaan keskiarvo, maksimi, sallitun maksimin

- ylittävien prosenttiosuus. Lukuarvot lasketaan kullekin leikkaukselle erikseen ja koko hankkeelle yhteensä.
- Tulosteet, mm. peitteisyyden takia mittaamatta jääneiden alueiden rajaukset numeerisina, stereomallien orientointipöytäkirjat, pirretyt testileikkaukset, indeksi mitatuista pisteistä.
- Maastomallin täydennysmittaukset
  - Mitataan koordinaattihavaintoina takymetrillä.
    - Kaikkien mittausten lähtötietoina olevien maastomallipisteiden korkeudet tarkistetaan maastossa ja todetaan mahdolliset poikkeamat kuvilta mitattuihin korkeuksiin.
    - Maastomallin pisteet valitaan kuten stereomallilla. Mittaukset tehdään vain kuvamittauksena mittaamatta jääneiltä alueilta ja mittausten tulee saumattomasti yhtyä kuvilta mitattuun pisteistöön. Avokallioiden rajaukset mitataan erikseen sovittaessa myös kuvilta mitatulta alueelta.
  - Tarkkuusvaatimukset
    - Mittaustarkkuus
      - Pisteistö tulee mitata niin, että kaikkien pisteiden osalta päästään seuraaviin tarkkuuksiin:
        - keskivirhe 50 mm,
        - maksimivirhe 125 mm,
        - maksimin ylittäviä 1 %.
      - Mittausvirheitä tarkastellaan lähimpien mittauksen lähtöpisteiden suhteen.
    - Maastomallin interpolointitarkkuus
      - Kuten kuvamittauksessa.
      - Poikkeamat todetaan vertaamalla kultakin täydennettävältä alueelta mitattavaa tarkistusleikkausta vastaavaan maastomallista laskettuun leikkaukseen.
    - Kuvilta mitattujen pisteiden tarkistus
      - Kaikkien lähtöpisteinä olevien kuvamittauspisteiden korkeudet tarkistetaan maastossa, todetaan poikkeamat ja informoidaan tilaajaa yli 10 cm:n poikkeamista.
- Lähde
  - Maastomallimittaukset, 2. painos, 2140008, Tielaitos, Helsinki 1995
- MML
  - [Käsikirja karttakohteiden mallinnuksesta ja esitystavasta suurimittakaavaisissa kartoissa. Maanmittauslaitoksen julkaisuja n:o 85. Helsinki 1997.](#)
- California Department of Transportation Geomatics
  - <http://www.dot.ca.gov/hq/esc/photogrammetry/index.html>
  - [User's Guide to Photogrammetric Services](http://www.dot.ca.gov/hq/esc/geomatics/Photogram.pdf)

## Laadunvalvonta

- Osatekijät
  - Mittausten standardointi
  - Mittausten suunnittelu
  - Mittausjärjestelmän kalibrointi
    - Laitteet
      - Määrittyskalibrointi stereokojeelle 3 kk:n välein => gitterimittaus
      - Seurantakalibrointi suurten töiden välillä
    - Henkilöstö
      - Testialueen mittaus
  - Havaintojärjestelyt
    - Liitospisteet kolmelta kuvalta
  - Laskennalliset menetelmät
    - Sädekimppualueasoituksen sisäinen kontrolli
    - Keskinäisen orientoinnin jäännösvirheet
  - Tarkastus maastomittauksena
- Viitteet
  - [Salmenperä: Maastotietotuotannon kalibrointitarpeet](#)
  - *Rantaniemi*, 1973, Ruskon kalibroitu stereomalli, TTKK
    - Ruskon koekenttä
  - *Ken Foote and Donald J. Huebner*, 1995. Error, Accuracy, and Precision
    - <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/error/error.html>

---

[Maa-57.220 Fotogrammetrinen kartoitus](#)

[Luento-ohjelma](#) [1](#) [2](#) [3](#) [4](#) [5](#) [6](#) [7](#) [8](#) [9](#) [10](#) [11](#) [12](#) [13](#)