

Kari Nieminen

# Rakennusperintömiljööön digitaalinen tallentaminen

Liehtalanniemen museotila, Puumala

Opinnäytetyö  
Maanmittaustekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2011




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  29.5.2011	
<b>Tekijä(t)</b> Kari Nieminen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> <b>Maanmittaustekniikan koulutusohjelma</b>	
<b>Nimeke</b> Rakennusperintömiljöön digitaalinen tallentaminen Liehtalanniemen museotila, Puumala		
<b>Tiivistelmä</b>  Mikkelin ammattikorkeakoulu hallinnoi vuosina 2008-2011 Viva3-menetelmäkehityshanketta, jossa kehitetään digitointiprosesseja. Hankkeen 3D-osiossa perehdytään siihen, millaisilla menetelmillä voitaisiin kerätä kolmiulotteista dataa kulttuuriperintökohteista mahdollisimman kustannustehokkaasti.  Yksi Viva3-projektin kohteista oli Liehtalanniemen museotila Puumalassa. Museotila on esimerkki tyyppillisestä köyhästä pientilasta Etelä-Savossa. Opinnäytetyöni tavoite oli tutustua tilaan ja dokumentoida sen rakennukset ja pihapiiri sekä maastomittauksin että valokuvaamalla.  Mittasin museotilan alueen globaalissa 3D-koordinaatistossa satelliittipaikannuslaitteella sekä robottitakyometrillä. Tein tuloksista perinteisen kaksikulotteisen kartan, joka on KKJ-koordinaatistossa ja N60-korkeusjärjestelmässä. Tein tilan rakennuksista kolmiulotteisen mallinnuksen kahdella eri menetelmällä sekä vertasin näiden tekotapaa ja tuloksia toisiinsa. Ensimmäinen tapa oli mallintaa rakennukset mittaus-ten avulla AutoCAD-ohjelmalla ja toinen oli tehdä se PhotoModeler-ohjelmalla perustuen konvergenttikuvauksiin. Samalla hankin kokemusta siitä, mitkä tekijät pitää ottaa huomioon konvergenttikuvausta ja ylipäättänsä valokuvatalennusta suunniteltaessa.  Tulokset osoittavat, että käyttämäni mittaustavat ja rakennusten pelkistetty mallinnus AutoCAD-ohjelmalla ovat riittävä ja kustannustehokas tapa Liehtalanniemen kaltaisten kohteiden digitaaliseksi tallentamiseksi. Malleja voidaan kehittää edelleen liittämällä niihin teksturointi otetuista valokuvista. Monimuotoisten rakennusten mallintaminen on helpompaa konvergenttivalokuvia hyödyntävillä ohjelmilla kuten PhotoModeler, joka teksturoi mallin pinnat automaattisesti viistovalokuvista oikaisemillaan ortokuvilla.  On tärkeää, että mittaukset tehdään alusta asti globaalissa koordinaatistossa eikä erilliskoordinaatistossa. Ne ovat muutettavissa mihin tahansa tunnettuun koordinaatistoon myöhemmin muunnoksen kautta. Malli voidaan siten viedä esimerkiksi Google Earthiin ja sitä voidaan jalostaa eteenpäin periaatteessa kenen toimesta tahansa.		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> rakennusperintö, 3D-mallintaminen, digitointi		
<b>Sivumäärä</b> 23 s. + liitt. 2 s.	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Erkki Karjalainen	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Viva3-hanke , Mikkelin ammattikorkeakoulu	

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  29.5.2011
<b>Author(s)</b> Kari Nieminen	<b>Degree programme and option</b> Degree programme in surveying	
<b>Name of the bachelor's thesis</b> Digitalization of Cultural Heritage Areas and Buildings Museum Farm of Liehtalanniemi, Puumala, Finland		
<b>Abstract</b>  <p>Mikkeli University of Applied Sciences is acting as the administrator for the Viva3 method development project during 2008-2011. The project is developing processes for digitalization. The 3D part of the project concentrates in the matters how to gather three dimensional data from cultural heritage areas as cost efficiently as possible.</p> <p>One target of the Viva3 project was the museum farm of Liehtalanniemi in Puumala. The estate is a typical poor small farm in southern Savo. The object of my bachelor thesis was to become familiar with the farm and document the buildings and the yard by surveying and taking photos.</p> <p>I surveyed the museum area both with GNSS and robot tacheometer equipment in global 3D coordinate system. I produced from results a conventional 2D map which is in KKJ coordinate system and N60 height system. I modeled the buildings in 3D with two different methods and compared their procedures and results with each other. The first method was to model the buildings out of surveying data with AutoCAD software. The other one was to do the job with PhotoModeler software which uses convergent photography. At the same time I gained experience in doing the actual convergent photo shooting properly and in planning the photographing session in general.</p> <p>The results show that the surveying methods I used and the simplified modeling of buildings with AutoCAD software are together a sufficient and cost efficient method to digitize targets like museum farm of Liehtalanniemi. The models can be further developed by attaching to them textures made out of photographs. Buildings with more complex shapes can be modeled more easily with software like PhotoModeler which uses convergent photographs. The software textures model's surfaces automatically with ortho photos that it makes out of original oblique photographs.</p> <p>It is important that the surveying is carried out in a global coordinate system from the very beginning. It can be changed into any known coordinate system later through a conversion. The model can thus be exported for example into Google Earth and be processed further in principle by anyone.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b> cultural heritage, 3D modeling, digitalization		
<b>Pages</b> 23 p. plus app. 2 p.	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b> Erkki Karjalainen	<b>Bachelor's thesis assigned by</b> Viva3 Project, Mikkeli University of Applied Sciences	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	LIEHTALANNIEMEN MUSEOTILA.....	2
2.1	Yleistietoa museosta .....	2
2.2	Tilan historia.....	4
3	MITTAUS- JA KUVAUSTYÖT LIEHTALANNIEMEN MUSEOTILALLA ....	4
3.1	Valmistelut.....	4
3.2	Tutustumismatka Liehtalanniemeen.....	5
3.3	Varsinainen mittaus- ja kuvausmatka Liehtalanniemeen .....	6
3.3.1	Kartoitusmittaukset GNSS-kalustolla.....	8
3.3.2	Takymetrimittaukset .....	10
3.3.3	Valokuvaus .....	12
3.4	Valokuvien ottaminen konvergenttimallinnusta varten.....	12
4	RAKENNUSTEN 3D-MALLINTAMINEN .....	13
4.1	Mallintaminen CAD:in ja muiden vastaavien mallinnusohjelmien avulla..	13
4.2	Mallintaminen konvergenttivalokuvista .....	14
4.3	Laserkeilauksella tehtävä mallinnus.....	14
5	CASE LIEHTALANNIEMI .....	15
5.1	Kaksiulotteisen kartan tekeminen alueesta.....	16
5.2	Rakennusten 3D-mallintaminen AutoCAD-ohjelmalla.....	16
5.3	Valokuvien valinta konvergenttimallinnusta varten.....	17
5.4	Rakennusten 3D-mallintaminen valokuvista PhotoModeler-ohjelmalla.....	17
5.5	Työssä esiintyneet ongelmat.....	19
5.5.1	Konvergenttikuvauksen ongelmat .....	19
5.5.2	Takymetrimittauksen ongelmat .....	21
6	POHDINTA .....	22
	LÄHTEET .....	23

## LIITTEET

## 1 JOHDANTO

Mihin tarvitsemme rakennusmiljöökohteiden digitaalista tallentamista? Museovirasto on opetusministeriön alainen virasto, joka tallentaa, tutkii ja jakaa tietoa Suomen aineellisesta kulttuuriperinnöstä. Museovirastolla on hallinnassaan 400 sellaista kiinteistöä, jossa on vuotava katto. Taloudellista syistä kaikkia kattoja ei voida kunnostaa, joten rakennukset ovat ajan mittaan vaarassa tuhoutua. Sellaisista kohteista, joita ei ole päätetty korjata, olisi hyvä olla olemassa valokuvat tai 3D-malli, joiden kautta kohteen ja sen ympäristön kulttuurihistoria voitaisiin säilyttää.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Mikkelin ammattikorkeakoulun hallinnoima Viva3-hanke. Viva3 on kehityshanke, jossa kehitetään digitointiprosesseja ja alan osaamista. Kustannustehokkaita toimintamalleja luomalla pyritään siihen, että yritykset ja muut toimijat voisivat tarjota palvelujaan Museovirastolle, matkailuyrityksille ja kaikille muillekin sellaisille tahoille, jotka haluavat tallentaa ja esittää kulttuuriperintökohteita sähköisessä muodossa. Hankkeessa suunnitellaan ja testataan menetelmiä esineiden, rakennusten ja maisemien kolmiulotteista mallintamista ja tallennusta varten. Hankkeen 3D-osuudessa ovat pääkohteina olleet Marsalkka Mannerheimin salonkivaunu Mikkelissä, Olavinlinna Savonlinnassa ja Astuvansalmen kalliomaalaukset Ristiinassa. Hankkeessa on mallinnettu näiden lisäksi monia pienempiä kohteita, mukaan lukien Liehtalanniemen museotila Puumalassa. Kun hankkeessa toimiva Esa Hannus tarjosi minulle mahdollisuutta osallistua omalta osaltani Liehtalanniemen kohteen 3D-mallinnukseen, otin haasteen oitis vastaan. /1./

Opinnäytetyöni tavoite oli tutustua rakennusperintömiljöön digitaaliseen tallentamiseen, kohteena Liehtalanniemen museotila. Tehtävään kuului dokumentoida ja mallintaa sen rakennukset ja pihapiiri kolmiulotteisesti sekä maastomittauksin että valokuvaamalla.

Toimeksiantajan edustajana hankkeen puolesta toimii Esa Hannus sekä oppilaitoksen puolesta ohjaajana Erkki Karjalainen. Saan hankkeelta rahallista tukea maastotöihin liittyviin matkakuluihin. Minua on avustanut tutkimus- ja kuvausmatkoihin liittyvissä maastotöissä rakas avopuolisoni Paula Roivainen

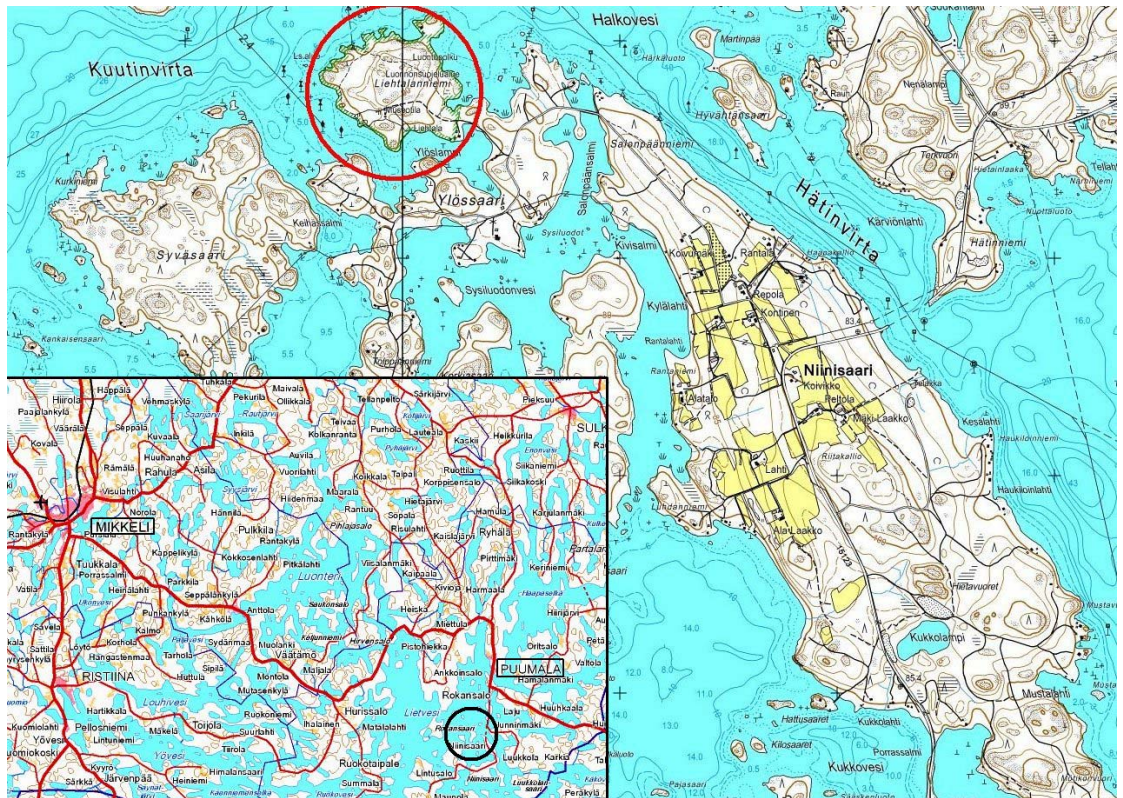
## 2 LIEHTALANNIEMEN MUSEOTILA

### 2.1 Yleistietoa museosta

Liehtalanniemen museotila on toiminnallinen maisemamuseo, joka sijaitsee Puumalan kunnan Niinisaassa. Tilan rakennelmat ovat alkuperäisillä paikoillaan, eikä pihapiirissä olevia toimintoja ole muutettu siitä, mitä ne olivat vuosisadan alussa. Museo on avoinna yleisölle kesäisin 18.6.-14.8. välisenä aikana. Paikalla on päivittäisinä aukioloaikoina oppaan lisäksi myös pehtoori eli tilanhoitaja, joka pitää kunnossa tilan rakennelmia ja pihapiiriä käyttäen perinteisiä vuosisadan alun työmenetelmiä. Henkilöt ovat Puumalan kunnan palveluksessa. Tilalla pidetään kesäaikaan kotieläimiä. Saaren rantaan on rakennettu nykyaikainen vierasvenelaituri, jonka vieressä on myös melojien rantautumispaikka. Veneilijät voivat yöpyä laiturissa maksua vastaan. Museon läheltä lähtee opastettu luontopolku, joka kiertää luonnonsuojelualueella.

Liehtalanniemi sijaitsee Niinisaaren luoteiskärjessä. Tila on erotettu maakannaksen kohdalla Ylössaaresta pisteaidalla. Veräjältä johtaa tilan pihapiiriin kärrypolku, joka kapenee lopussa kävelypoluksi. Perille ei siis pääse autolla, vaan se on jätettävä kauemmas pysäköintialueelle. /2./





**KUVA 1. Kartta Puumalan Niinisaaren sijainnista.**

**Pohjakartta: Maanmittauslaitoksen Ammattilaisen Karttapaikka 2011.**



**KUVA 2. Liehtalanniemen luonnonsuojelualue ja museotilan sijainti.**

**Pohjakartta: Maanmittauslaitoksen Ammattilaisen Karttapaikka 2011.**

## 2.2 Tilan historia

Ensimmäisten asukkaiden tiedetään asettuneen Liehtalanniemeen vuonna 1899, jolta ajalta ovat myös alkuperäiset rakennukset. Paikka perustettiin museoksi vuonna 1984 ja samalla muodostettiin 22 hehtaarin kokoinen luonnonsuojelualue. Museon omistaa ja sitä hoitaa Puumalan kunta. Liehtalanniemi on hyvin säilynyt esimerkki 1900-luvun alun elämäntavasta köyhällä pientilalla eteläisessä Savossa. Pihaa ympäröivät kaskimetsät ja laidunhaat. Tilalla on harjoitettu pienviljelyä, kalastusta ja kotieläinten pitoa.

Päärakennuksen lisäksi pihapiirissä ovat alkuperäiset navetta, lato, maapohjainen savusauna sekä vaate- ja ruoka-aitat. Näiden lisäksi on rakennettu uudelleen perunakuoppa, kaksi haasiaa, vinttikaivo ja kota. Haasia on riu'uista rakennettu heinän tai viljan kuivausteline. Päärakennus ei ole alkuperäinen, vaan se on muutettu alkuperäisen parituvan näköiseksi 1940-luvulla valmistuneesta tuparakennuksesta. Liehtalan viimeinen asukas oli erakkona elellyt Jalmari Reponen, ”Liehtalan Jallu”. Hän asui yksin tilalla vuosina 1948-1976. Hänen kuolemansa jälkeen tila siirtyi Metsähallituksen hallintaan. /3./

## 3 MITTAUS- JA KUVAUSTYÖT LIEHTALANNIEMEN MUSEOTILALLA

### 3.1 Valmistelut

Otin yhteyttä Puumalan kunnan matkailutoimistoon kesäkuun alussa 2010 sopiakseni tutustumismatkasta Liehtalanniemeen. Koska kohde ja sen olosuhteet olivat ennestään tuntemattomia, en kuvitellut voivani tehdä tällä matkalla mitään todellisia suunniteltuja mittaus- ja kuvaustoimenpiteitä. Lisäksi olisin halunnut tutustua kohteeseen yksityisesti, ilman ulkopuolisten museovieraiden läsnäoloa. Matkailutoimisto ehdotti, että tulisin paikan päälle lauantaina 19.6.2010 ennen museon avautumista, joten voisimme keskustella rauhassa oppaan kanssa. Museo avautuisi sinä kesänä juuri tuolloin.

Opinnäytetyön toimeksiantajan edustaja Esa Hannus lupasi lähettää Viva3-projektin puolesta digitaalisen järjestelmäkameran jalustoineen. Kuvaisin Liehtalan rakennukset tällä kameralla. Sovimme myös siitä, että tulen käyttämään kohteen mittauksessa RTK-satelliittipaikannuskalustoa sekä prismattomaan mittaukseen pystyvää robottita-



kymetriä. Käynnistin toimet saadakseni käyttöön nämä mittalaitteet. Hankin myös riittävästi karttamateriaalia kohteesta Maanmittauslaitoksen Ammattilaisen Karttapaikan kautta. Tein suunnitelman automatkan aikataulusta ja ajoreitistä alkaen Siilinjärven Vuorelasta.

### 3.2 Tutustumismatka Liehtalanniemeen

Saapuminen Liehtalanniemeen tapahtui suunnitelman mukaisesti aamupäivällä 19.6.2010. Tarkoitus oli esittäytyä tällä matkalla museon väelle ja kertoa, mitä ja miksi siellä tultaisiin tekemään. Aluksi täytyi tietenkin tutustua kohteeseen ja sen historiaan, kuin kuka tahansa matkailija. Opas kertoi mielenkiintoisia yksityiskohtia tilan viimeisen asukkaan Liehtalan Jallun talonpidosta.

Päärakennuksen asuinpuolen seinässä oli nähtävissä isohko reikä. Jallu oli työntänyt sen läpi kiväärinpiipun ja päästänyt päiviltä pihan laitaa juoksevia kettuja. Kanat olivat talviaikaan sisällä, eikä Jallu säästäväisenä miehenä raaskinut lämmittää hataran paritupansa molempia puoliskoita. Niinpä hän asusti ainoaa lämmintä huonettaan yhdessä kanojen kanssa. Navetassa ei ollut lämmitystä, joten lehmien tarheneminen talvella ratkaistiin siten, että Jallu jätti eläinten ulosteet niille sijoilleen. Lämpötalous oli siten turvattu. Kertoman mukaan kevään koittaessa lehmien selät ottivat kiinni navetan kattoon. Jallulla alkoi lehmien laitumelle viennin jälkeen kova urakka, kun piti kuljettaa lanta ulos navetasta ennen syksyä. /4./

Tehtävänä oli tuottaa 3D-malli tilan rakennuksista sekä maastomittausten että valokuvien avulla. Molempiin tapoihin tarvittaisiin joka tapauksessa valokuvia. Työn ohjaaja oli antanut kirjalliset ohjeet siitä, kuinka kohdetta tulisi kuvata, jotta kuvista olisi mahdollista tehdä 3D-malli jollakin konvergenttikuvaustekniikkaa hyödyntävällä mallinnusohjelmalla.

Kuljin ympäri pihapiiriä, dokumentoin kaikkea näkemääni ja tutustuin samalla kameran toimintoihin. Kiersin rakennuksia ympäri em. ohjeen mukaisesti ja kuvasin tässä vaiheessa vielä ilman jalustaa. Käytin kameran valotushaarukointiominaisuutta, jossa kamera ottaa jokaisen otoksen kohdalla perä-perää kolme kuvaa. Yksi ruutu valotetaan normaalisti, yksi alivalotetaan halutulla aukkomäärällä sekä yksi ylivalotetaan vastaavasti. Näistä kolmesta kuvasta on mahdollista ohjelmallisesti saada aikaan yksi

sellainen kuva, joka on kontrasti- ja valotusominaisuuksiltaan mahdollisimman tasapainoinen.

Valokuvan valaistusominaisuuksien kannalta huonoin mahdollinen kuvausilma on kirkas auringonpaiste. Valokuvaajalle paras ilma on riittävän valoisa pilvipouta. Silloin sekä kontrasti että valaistuserot ovat pienemmät, eivätkä väritkään ole tyystin poissa. Valotushaarukointiominaisuutta tuli käytettyä monissa kuvissa harjoitusmielessä, vaikka jalustaa ei vielä tässä vaiheessa käytettykään.

Kuvatessa tuli mietittyä samalla sitä, mitkä kohteet alueella olisivat satelliittisignaalin ulottumattomissa. Tuli pohdittua myös, mihin paikkoihin asentaa takymetri, jotta rakennusten geometria olisi mitattavissa riittävän kattavasti. Koneen tarkka orientointi kussakin kojeasemassa vie aikaa, joten kojeasemien ja siten myös virhelähteiden määrä on minimoitava. Rakennusten julkisivuilla oli ylimääräisiä tavaroita sekä muita kohteita, jotka pitäisi saada pois kuvista tai jotka olisivat suoraan kuvauksen esteinä.

Palatessa takaisin tilalta autolle oli hyvä kirjoittaa ylös tärkeitä huomioita varsinaista mittaus- ja kuvausmatkaa varten. Mukana olevaa kalustoa tulisi olemaan runsaasti. Autolla ei perille asti pääse, joten oli syytä keksiä jokin toinen tapa tavaroiden kuljettamiseen. Käsissä ei olisi niitä järkevää kantaa, se vaatisi useamman edestakaisen matkan. Pienessä ruutuvihossa olevan muistilistan loppuun ilmestyi teksti: ”Ota mukaan kahdet kottikärryt”. Pakettiautolla niiden kuljettaminen ei olisi ongelma.

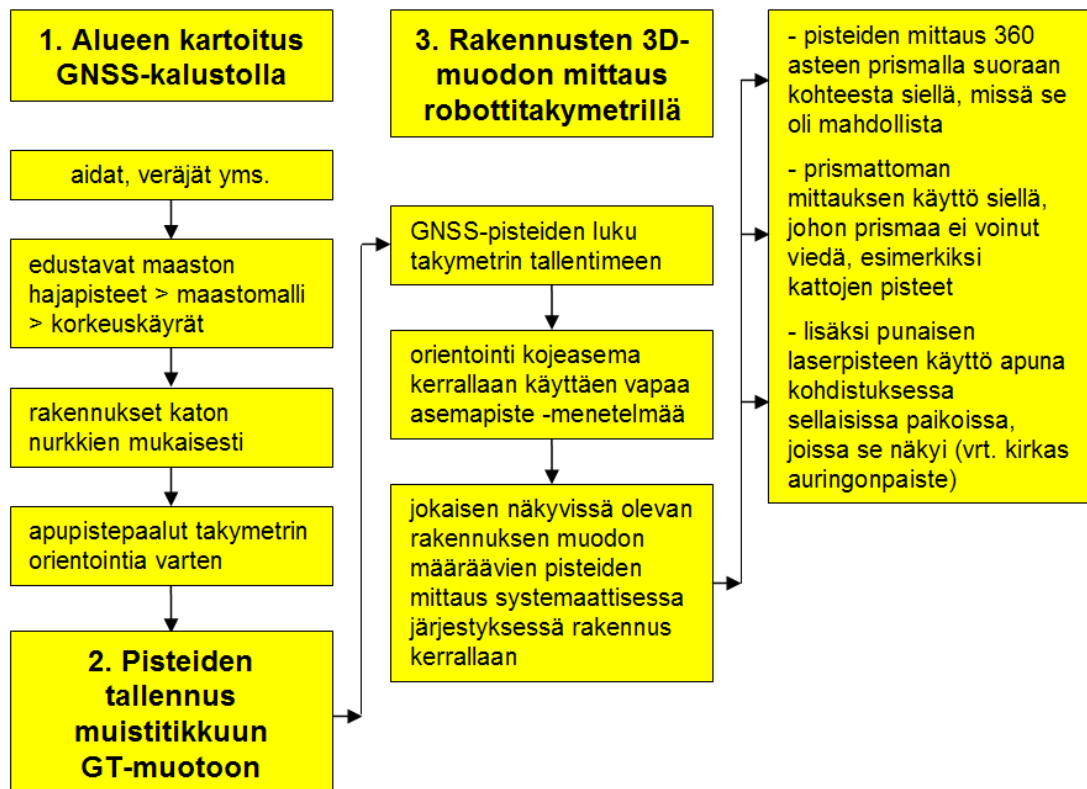
### **3.3 Varsinainen mittaus- ja kuvausmatka Liehtalanniemeen**

Varsinaisen mittaus- ja kuvausmatka museotilalle tehtiin 23.7. Varusteet lastattiin pysäköintipaikalla autosta kahteen kottikärryyn. Mukaan lähtivät satelliittipaikannuskalusto, takymetrikalusto, linjakeppejä, pari pientä kolmijalkaa, sekä kamera jalustoitteineen ja muine varusteineen. Myöskään näitä ei saanut unohtaa: eväät kylmälaukussa, runsaasti juotavaa, kahvikori, sekä helteisen että kylmän ilman vaatetus, sadevaatteet, kumisaappaat, uimahousut pyyhkeineen, hatut, aurinkovoiteet ja tietenkin hyttysmyrkky.



**KUVA 3. Mittausvarusteiden kuljetus**

Perillä museolla kuljetusvälineet tavaroineen työnnettiin mahdollisimman siistiin ja turvalliseen paikkaan. Tilalla oli katras uteliaita lampaita, jotka tosin olivat omassa pisteaidalla erotetussa aitauksessaan. Oli kuitenkin mahdollista, että eläimet olisivat laiduntaneet myös aidan tällä puolella, joten välineitten ei haluttu tahrautuvan lampaanpapanoihin. Hyväksi tukikohta-alueeksi osoittautui vehreä kaistale ruoka-aitan takana, ison koivun varjossa. Tämä sijainti oli myös mahdollisimman vähän huomiota herättävä, sillä museohan oli auki ja paikalla oli välillä runsaastikin ihmisiä. Oman mielenkiintonsa työskentelyyn toivat myös vapaana kuljeskelevat kanat, joita paimenisi päättäväinen kukko. Kanat olivat tavattoman uteliaita — ja uskaliaita. Ainakin kerran käytiin nopeuskilpailu siitä, kumpi ehtii napata muistitikun, jonka olin hetkeksi laskenut penkille vierelleni. Lintukarjan pyöriminen jaloissa joka tapauksessa hermostutti ja toi oman lisänsä mittaustöiden suoritukseen — puhumattakaan museovieraista, jotka tiedustelivat tämän tästä työn tarkoitusta ja järkevyyttä. Mittaukset tehtiin käyttäen satelliittipaikannus- eli GNSS-kalustoa sekä robottitakyometriä. Mittaustyön eteneminen on esitetty alla olevassa kaaviossa.



**KAAVIO 1. Tehdyt mittaukset**

### 3.3.1 Kartoitusmittaukset GNSS-kalustolla

Mittaustyöt aloitettiin kartoittamalla koko pihapiiri satelliittipaikannus- eli GNSS-laitteella (Global Navigation Satellite System). Käytössä oli kuopiolaisen Tasamitta Oy:n omistama VRS-verkossa (Virtual Reference System) toimiva senttimetritarkkuuteen pystyvä RTK-satelliittipaikannuslaite (Real-Time Kinematic). Laite on tyyppiä Javad Triumph-1, ja se vastaanottaa signaaleja sekä amerikkalaisilta GPS- että venäläisiltä GLONASS-satelliiteilta. Vastaanotin keskustelee tallentimen kanssa langattomasti Bluetooth-yhteyden kautta. Tallentimena oli Panasonic-merkinen kosketusnäytöllinen tablet-PC, joka oli kiinnitetty mittausrepun etutelineeseen. Tallenninohjelmistona PC:ssä toimii suomalaisen 3D-system Oy:n tekemä ProXY-ohjelmisto.

Alue kartoitettiin teema kerrallaan. Ensin mitattiin raja- ja väliaidat ja sitten jatkettiin mittaamalla hajapisteitä merkittävistä kohdista myöhemmin tehtävää maastomallia varten. Lammashaan sisäpuolella ei ollut puutetta seuralaisista; uteliaat lampaat seurasivat mittaajaa kaikkialle. Seuraavaksi mitattiin rakennukset siten, että otettiin kiinni maasta räystäiden ulkonurkkien luotisuorapisteet. Nämä pisteet olisivat riittävät normaalin kaksiulotteisen kartan tuottamiseen alueesta. Seinien nurkkia ei mitattu tässä

vaiheessa, koska todennäköisesti kaikkia pisteitä ei olisi järjestelmällisesti saatu mitattua. Satelliiteista tulevat signaalit estyvät usein saavuttamasta vastaanottimen antennia johtuen räystäskatveista. Seinänurkat tultaisiin mittaamaan myöhemmin takymetrillä joka tapauksessa.

Aivan viimeiseksi mitattiin laitteella talteen apupisteinä toimivissa puupaaluissa olevat merkit. Apupistepaalut oli sijoitettu sellaisiin paikkoihin, jotka olivat esteettä mitattavissa Javadilla (ei peitteisyyttä). Pisteiden paikat valittiin myös siten, että niitä ei olisi liikaa, mutta että niistä olisi kuitenkin mahdollista orientoida takymetri luotettavasti vapaa asemapistemenetelmällä. Jokaisesta takymetrin kojeasemasta piti edelleen olla mahdollista mitata yhden tai useamman rakennuksen kaksi julkisivua kattoineen. Liitteessä 1 on nähtävissä valmis kartta alueesta. Rakennukset on esitetty siinä katon ääri viivojen mukaisesti.



**KUVA 4. Javadin satelliittipaikannuskalusto**



### 3.3.2 Takymetrimittaukset

Mittaustiedot siirrettiin satelliittipaikantimen tallentimesta muistitikun avulla robottitakymetrin tallentimeen. Takymetri oli tyyppiä Leica TCRP 1203+ ja siinä oli mukana Leica Viva CS15 -tallennin SmartWorx-ohjelmistolla. Laite on Tasamitta Oy:n omistama. Takymetri asennettiin vuoronperään eri rakennusten kulmien läheisyyteen siten, että samasta kojeasemasta oli mahdollista nähdä ainakin yhden rakennuksen kaksi julkisivua. Laite orientoitiin lähimpien apupistepaalujen koordinaattien perusteella käyttäen vapaa asemapiste –menetelmää.

Mittauksessa edettiin systemaattisesti julkisivu kerrallaan alhaalta ylöspäin. Ensimmäisenä mitattiin sokkelin ja maanpinnan leikkauspisteet ja viimeisenä pisteet räystäiden alta sekä vesikaton ala- ja ylänurkista. Helposti saavutettavat pisteet mitattiin kartoitussauvalla, jossa oli 360 asteen prisma. Ylhäällä olevat ja muuten hankalammat paikat mitattiin prismattomalla mittauksella. Kun laitteeseen kytkee tässä mittausmoodissa päälle punaisen laserpisteen, mitattavan pisteen voi määrittää silmämääräisesti ilman, että tarvitsee katsoa kaukoputken läpi. Jos koje oli sijoitettu liian kauas tai hankalaan kulmaan julkisivuun nähden, mittausta ei saanut tehtyä luotettavasti edes prismattomasti.

Vaikka erilaiset mittausten käsittelyohjelmat esittävätkin mittaustulokset graafisessa muodossa, mittaustiedot katsottiin parhaaksi koodata oman tavan mukaan. Kunkin rakennuksen pisteille määritettiin omat pistenumerot. Päärakennuksen pistenumerot esimerkiksi olivat 1-alkuisia, navetan 2-alkuisia ja niin edelleen. Näin ASCII-muotoisen kartoitustiedoston pisteistä saattoi erottaa haluamansa ilman kuvaakin. Rakennusten pisteet kartoitettiin viivakoodilla. 3D-rakennusta ei välttämättä mallinneta näiden 3D-viivojen perusteella, mutta tämä tuli tehtyä oman jatkotyöskentelyn helpottamiseksi. Jos pisteet olisi mitattu pisteinä, olisi purkuvaiheessa ollut vaikeaa erottaa pistepilvestä, mikä piste tarkoittaa mitäkin kohdetta oikeassa rakennuksessa. Koska pyrittiin mittaamaan jokaisen rakennuksen toisiaan vastaavat pisteet mahdollisimman tarkoin samassa järjestyksessä, myöhemmässä vaiheessa oli mahdollista päätellä 3D-polylinen vertex-pisteistä, mitä oli missäkin vaiheessa mitattu.

Rakennusten mittaaminen mallinnusta ajatellen ei ollut helppoa. Muotoja oli pakko yksinkertaistaa. Aiempaa kokemusta tästä ei ollut. Päärakennuksen eri päädyt olivat keskenään erilaisia. Pohjoispäädystä nurkat muodostivat hirsisalvokset. Eteläpäässä salvoksia ei ollut, vaan siellä oli tasaiset nurkkalaudat. Pohjoispäässä päädyttiin mittaamaan takymetrillä kuvassa näkyvän ympyrän kohdalta.



**KUVA 5. Muotojen pelkistäminen, mittaus salvoksen keskeltä**

Kaikki rakennukset mitattiin samalla tavalla ja mahdollisimman tarkasti sikäli, kun se oli käytettävissä olevan ajan puitteissa järkevää. Mittauspisteiden sijainti on merkitty alla olevaan kuvaan.



**KUVA 6. Mitattavat pisteet**



### 3.3.3 Valokuvaus

Rakennukset valokuvattiin konvergenttikuvauksena digitaalisella Canon EOS 20D –järjestelmäkameralla. Kameran omistaa Mikkelin ammattikorkeakoulu, ja sen mukana oli myös jalusta keskiputkeen kiinnitettyine rasiatasaimineen. Objektiivinä oli kiinteäpolttovälinen 28 mm laajakulmaobjektiivi. Mitä pienempi objektiivin polttoväli on, sitä laajempi on sen kuvakulma ja sitä enemmän kuvaan mahtuu kohteita. Polttovälin pienentyessä kasvavat samalla kuvan vääristymät sen laidoilla. Oikeasti suorat viivat luonnossa toistuvat kuvassa kaarevina. Polttovälin valinta on siis aina kompromissi näiden kahden ominaisuuden välillä. Kuvaussuunnitelma tehtiin seuraavassa kappalessa esitetyllä tavalla.

### 3.4 Valokuvien ottaminen konvergenttimallinnusta varten

Kuvien on oltava ehdottomasti tarkkoja ja mahdollisimman tasapainoisesti valotettuja. Kuvia täytyy olla riittävästi, mieluummin liikaa kuin liian vähän. Käytettävä resoluutio on oltava korkea. Kohde kuvataan kiertämällä 360 astetta sen ympäri. Kustakin asemasta otetaan ainakin kolme kuvaa siten, että kaikki kohteen merkitsevät pisteet varmasti tulevat kuvatuiksi. Kuvauskulmaa vaihdetaan kuvien välillä hieman, kuitenkin siten, että peräkkäisissä kuvissa on mahdollisimman paljon päällekkäisyyttä. Jos on mahdollista kuvata kohde pystysuunnassa eri perspektiiveistä (sammakko- ja lintu-perspektiivit), se olisi hyvä.

Kuvauksessa on syytä käyttää tasapainoisesti valotettujen kuvien saamiseksi aiemmin mainittua valotushaarukointia. Valotushaarukoinnissa on kyse yhdestä tavasta hyödyntää HDR-tekniikkaa. HDR on lyhenne englanninkielisistä sanoista High Dynamic Range. Tässä kuvantamistavassa kuvaa käsitellään muodossa, jonka dynamiikka on suurempi, kuin mitä tavalliset monitorit ja tulostimet pystyvät esittämään. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kuvissa on erotettavissa yksityiskohtia myös sekä aivan kirkkaimmissa että tummimmista kohdissa. HDR-kuvia voi muokata Photoshopissa, mutta ei välttämättä kaikissa muissa kuvankäsittelyohjelmissä. HDR-kuvien muokkaukseen on olemassa myös omia erillisiä ohjelmia, joista yksi on Luminance HDR. Se perustuu avoimeen lähdekoodiin ja on siten ilmainen. /5./

## 4 RAKENNUSTEN 3D-MALLINTAMINEN

Niin rakennuksia kuin muitakin 3D-kohteita voidaan mallintaa useilla eri menetelmillä. Tässä yhteydessä mainitaan kolme eri tapaa, joista tarkastellaan yksityiskohtaisemmin kahta ensimmäistä Liehtalanniemen aineiston avulla.

### 4.1 Mallintaminen CAD:in ja muiden vastaavien mallinnusohjelmien avulla

CAD on lyhenne sanoista Computer Aided Design ja sillä tarkoitetaan tietokoneavusteista suunnittelua. Yleisimpiä käytettyjä kaupallisia CAD-ohjelmia ovat AutoCAD (Autodesk), Microstation (Bentley) ja ArchiCAD (Graphisoft). Varsinaisista mallinnusohjelmista yksi tunnetuimpia on 3ds Max (Autodesk).

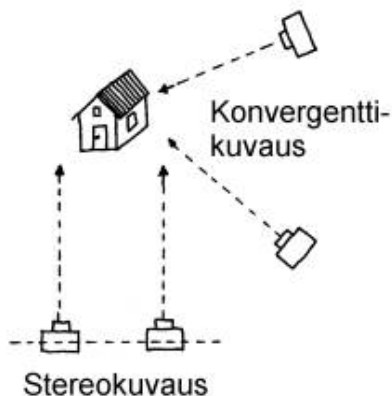
CAD-ohjelmissa 3D-kappale tuotetaan pinta- ja tilavuusmallien avulla. Jos kyseessä on todellisesta kohteesta mitattu pistejoukko, pisteiden varaan voidaan rakentaa rautalankamalli. Koska rautalankamalli koostuu vain ohuista sauvoista, se on todentuntuisemman näkymän vuoksi korvattava yhdellä tai useammalla pintamallilla (face). Pintamallista ei näy läpi, ja katselusuunnasta nähtynä kappaleen takana olevat reunat jäävät siten piiloon. Käyttämällä texture mapping –tekniikkaa pinnat ikään kuin päällystetään valmiista materiaalikirjastoista saatavilla materiaaleilla tai itse skannatuilla materiaaleilla. Yksi tapa saada pinnasta realistisen näköinen on päällystää se valokuvalla, esimerkkinä talon julkisivu. CAD-ohjelmissa valokuvat eivät muutoin varsinaisesti toimi mallinnuksen perustana.

Tilavuusmalleja (solid) tehdään yhdistelemällä toisiinsa perusprimitiivejä, joita ovat muun muassa kuutio, särmiö, pallo, sylinteri, kartio ja torus-rengas. Solid-kappaleita saadaan aikaan myös kaksiulotteisista polyline-objekteista pyöryttämällä niitä haluttuun akselin ympäri (rotate) tai pursottamalla muotoa haluttuun suuntaan (extrude). Kaikkia tilavuusmalleja on joustava muokata kohdistamalla niihin Boolean-operaatioita. UNION yhdistää toisiinsa kaksi solidia. SUBTRACT vähentää toisen kappaleen tilavuuden toisesta ja INTERSECT korvaa kaksi alkuperäistä kappaletta niiden yhteisellä tilavuudella. /6./

## 4.2 Mallintaminen konvergenttivalokuvista

Fotogrammetrialla tarkoitetaan kuvamittausta. Siinä määritetään kohteen ja kuvan välinen geometrinen suhde sellaisena kuin se oli kuvaushetkellä. Perinteisesti on käytetty menetelmiä, joissa otetuista valokuvista on tehty mittauksia käymättä määrittämässä etäisyyksiä paikan päällä. Ilmakuvaus on tästä tyypillinen esimerkki.

Ilmakuvauksessa kohde kuvataan peräkkäisistä kamera-asetuksista siten, että kohteeseen suunnatut kuvausakselit ovat keskenään yhdensuuntaisia. Syntyneeltä stereokuvaparilta voidaan tarkastella kohdetta kolmiulotteisesti. Konvergenttikuvauksessa akselit eivät ole stereokuvien tapaan yhdensuuntaisia, vaan kohde kuvataan peräkkäisistä kamera-asetuksista eri puolilta siten, että kuvausakseli on jokaisessa hieman erisuuntainen. Konvergenttikuvauksella saavutetaan parempi mittatarkkuus kuin stereokuvilla. Konvergenttikuvilta on voitava tunnistaa kaikki mittauskohdat. /7./



**KUVA 7. Stereo- ja konvergenttikuvauksen ero. /7./**

Eräs paljon käytetty konvergenttikuvaukseen perustuva mallinnusohjelma on Photo-Modeler. Sen kehittäjä on amerikkalainen Eos Systems Inc .

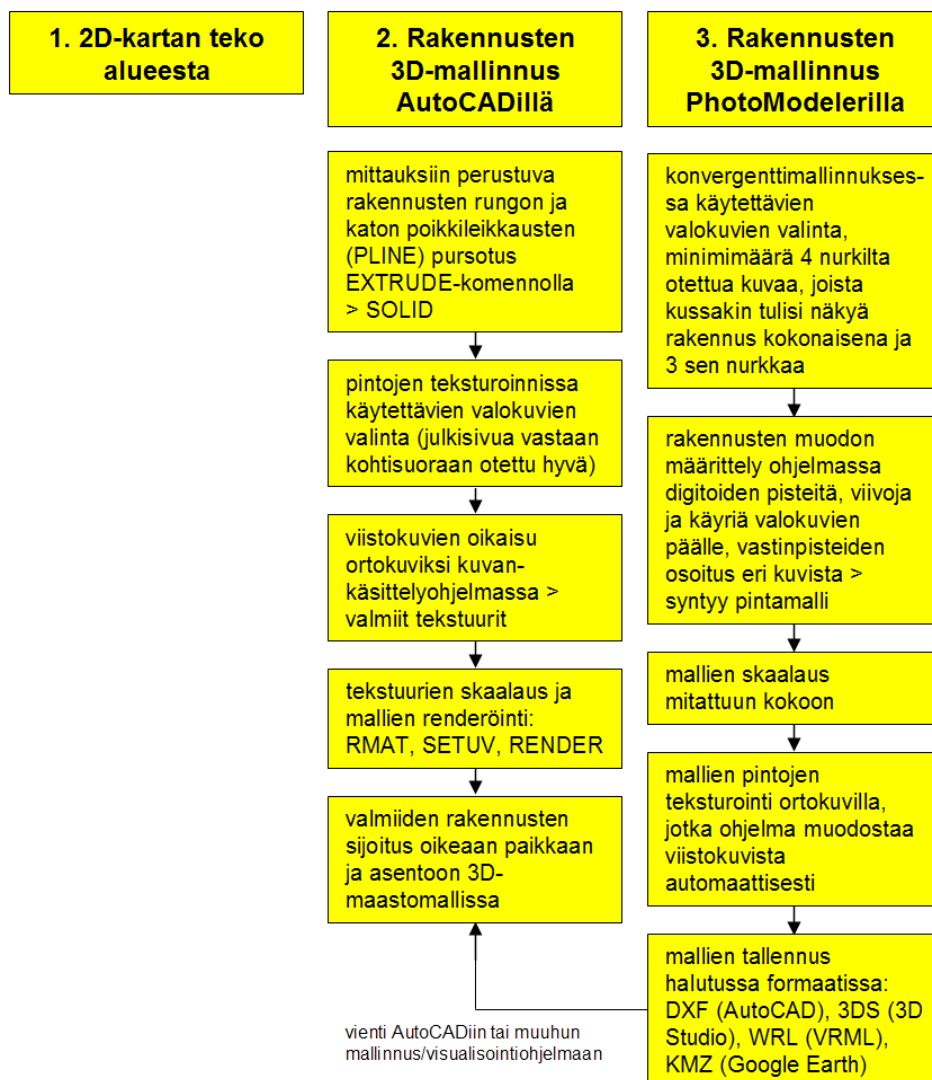
## 4.3 Laserkeilauksella tehtävä mallinnus

Laserkeilauksella voidaan mitata pisteitä halutusta kohteesta siihen koskematta. Periaate on sama kuin prismattomalla takymetrillä mitattaessa. Laitteesta lähtee kohteeseen lasersäde, jonka lähtökulman ja pituuden eli etäisyyden avulla voidaan laskea kohteen pisteiden 3D-koordinaatit. Takymetrillä mitataan piste kerrallaan, kun taas

laserkeilain tuottaa automaattisesti yhdessä sekunnissa pistepilven, jossa on jopa kymmeniä tuhansia pisteitä. Pistepilvistä tuotetaan ohjelmallisesti pintamalleja, jotka voidaan yhdistää CAD-ohjelmissa tilavuusmalliksi. /8./

## 5 CASE LIEHTALANNIEMI

Opinnäytetyöni tavoite oli mallintaa kolmiulotteisesti museotilan rakennukset ja piha-piiri sekä maastomittauksin että valokuvaamalla. Tuloksista tehtiin perinteinen kaksiulotteinen kartta, joka on KKJ-koordinaatistossa ja N60-korkeusjärjestelmässä. Tilan rakennuksista tehtiin kolmiulotteinen mallinnus kahdella eri menetelmällä sekä verrattiin näiden tekotapaa ja tuloksia toisiinsa. Ensimmäinen tapa oli mallintaa rakennukset mittausten avulla AutoCAD-ohjelmalla ja toinen oli tehdä se PhotoModeler-ohjelmalla perustuen konvergenttikuvauksiin. Havaintodatan jalostus lopputuloksiksi on esitetty alla olevassa kaaviossa.



**KAAVIO 2. Mittaus- ja kuvaustulosten jalostus**

## 5.1 Kaksiulotteisen kartan tekeminen alueesta

Liitteessä 1 on mittakaavaan 1:500 tuotettu kaksiulotteinen kartta, jonka piirustuskoko on A3. Koordinaatistona on perus-KKJ ja korkeusjärjestelmänä N60. Kartassa on esitetty pihapiiri aitoineen, maastomalliin perustuvat korkeuskäyrät sekä rakennukset ja rakennelmat. Rakennuksista on esitetty katon ääriviivat.

## 5.2 Rakennusten 3D-mallintaminen AutoCAD-ohjelmalla

Kaikki tilan rakennukset mallinnettiin AutoCAD-ohjelman versiolla R14. Perusohjelman päällä ei ole mitään sovellusta. Vesikaton poikkileikkaus piirrettiin sulkeutuvana polylinena niillä mitoilla, jotka takymetrimittauksesta oli saatu. Poikkileikkausta pursotettiin EXTRUDE-komennolla koko katon pituuden verran. Tuloksena syntyi kattoa kuvaava tilavuusmalli eli solid. Rakennuksen runko tehtiin samalla periaatteella. Mitatut pisteet on merkitty kuvaan 7. Sama toistettiin jokaisen rakennuksen kohdalla ja syntyneet 3D-rakennukset sijoitettiin maastomallin pinnalle. Pelkistetty kolmiulotteinen malli pihapiiristä rakennuksineen on nähtävissä liitteessä 2.

Jotta rakennukset näyttäisivät mallissa luonnollisilta, ne täytyy päällystää materiaaleilla, joina toimivat julkisivuista otetut valokuvat. Nämä kuvat on syytä ottaa siten, että kameran kuvataso on mahdollisimman yhdensuuntainen rakennuksen julkisivun kanssa. Kuvasta leikataan kuvankäsittelyohjelmassa (esimerkiksi Photoshop) pois tarkoin kaikki varsinaisen seinäpinnan ulkopuoliset osat ja kuvaa vääristetään (Distort) siten, että kuvassa vinona näkyvät nurkkia kuvaavat viivat muuttuvat täysin pystysuoriksi, kuten niiden täytyy 3D-mallissa olla. Viistovalokuvasta tulee siten oikaistu ortokuva, joka toimii mallin pinnan päällystävänä bittikarttakuvana eli tekstuurina. Tähän liittyviä AutoCAD-komentoja ovat RMAT, SETUV ja RENDER.



**KUVA 8. Vääristämällä oikaistu kuva julkisivusta länteen, josta tehdään tilavuusmallin päälle projisoitava materiaali (tekstuuri)**

Pärekatoista on mahdollista saada oikean näköinen käyttämällä materiaalina muutamista päreistä kohtisuoraan otettua valokuvaa. Katon lape täytetään sitten koko alaltaan vierä vieräen kopioituilla päreiden kuvilla.

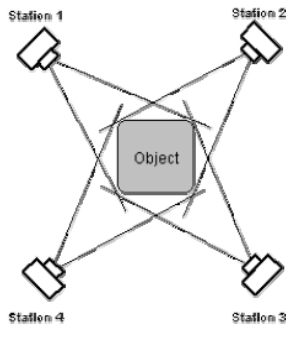
### **5.3 Valokuvien valinta konvergenttimallinnusta varten**

Sekä AutoCAD- että PhotoModeler-mallinnusta varten tarvittiin valokuvia rakennuksista. Kuvia otettiin kahdella eri kerralla, sekä tutustumismatkalla 19.6.2010 että varsinaisella kuvaus- ja mittausmatkalla 23.7. Valaistusolosuhteet olivat paremmat 19.6., sillä silloin aurinkoa peitti ohut pilviharso. Tämä tuotti tasaisemmat valaistusolosuhteet. Kuvia otettiin jo silloin kameran valotushaarukoinnilla, mutta HDR-muokkausta ei olisi voinut käyttää niihin kuviin, koska kuvat oli otettu ilman jalustaa. Käytettävät kuvat valittiin pelkästään näistä ja edelleen niistä valittiin tasaisimmin valottuneet.

### **5.4 Rakennusten 3D-mallintaminen valokuvista PhotoModeler-ohjelmalla**

Eos Systems Inc on Yhdysvaltojen Vancouverissa pääkonttoriaan pitävä 1990 perustettu ohjelmistoyritys, joka kehittää ja myy fotogrammetriaa hyödyntäviä 3D-mallinnusohjelmistoja. Yksi sen tuotteista on PhotoModeler, jota myydään Yhdysvalloissa hintaan 1145 dollaria. Ohjelmaa hyödynnetään muun muassa arkkitehtuuriin, onnettomuustutkintaan ja animaatioihin liittyvissä tehtävissä. /9./

PhotoModelerissa tuotetaan 3D-malli rakennuksesta tai muusta kohteesta perustuen konvergenttivalokuviin. Konvergenttikuvauksesta ja –mallinnuksesta on kerrottu kappaleissa 3.4 ja 4.2. Rakennuksen tai muun laatikkomaisen kohteen konvergenttimallinnus aloitetaan neljällä kuvalla. Peräkkäisten kuvausasemien olisi hyvä olla kuvaussuunnaltaan mahdollisimman lähellä 90 astetta eli kohtisuorassa toisiaan vastaan. Myöhemmin käytetään tarvittaessa myös niiden väliltä otettuja kuvia. Suositellut minimikuvausasemat on merkitty oheiseen piirroksen. Jokaisessa neljässä kuvassa on rakennuksen näyttävä kokonaan siten, että sen kolme nurkkaa näkyvät (yksiään jaa taakse).



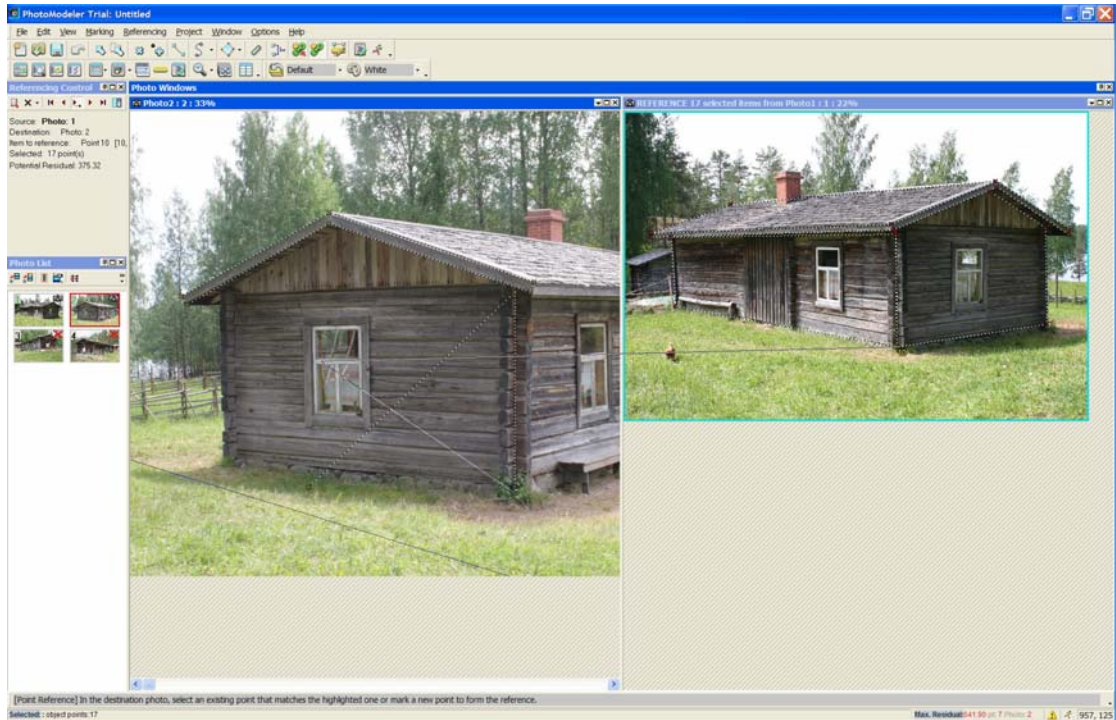
**KUVA 9. Kamera-asetmat konvergenttikuvauksessa. /8./**

Valmistajan sivuilta ladattiin ohjelman tutustumisversio. Versio toimii täysin normaalisti heidän antamallaan harjoituskuvilla. Tarjolla on myös opetusvideoita, joiden avulla voi harjoitella ohjelman perustoimintoja. Ohjelmasta pyydettiin myös testauskoodia, jolla ohjelma toimii käyttäjän omien valokuvien kanssa 10 päivän ajan.

Ohjelma kehottaa ensimmäiseksi ilmoittamaan käytetyn kameran kalibrointitiedoston. Jokainen kamera/objektiiviyhdistelmä tarvitsee tämän oman kuvailutiedostonsa, joka sisältää tiedot polttovälistä, kuvakoosta, kuvan keskipisteestä sekä linssin vääristymästä. Ohjelma käyttää tätä tietoa muodostaakseen oikean geometrisen suhteen kuvan pisteiden ja kohteen vastaavien pisteiden välille.

PhotoModeler-ohjelman toimintaperiaate on seuraava. Neljä konvergenttikuvaa avataan ohjelmaan ja ensimmäiseen aletaan digitoida pisteitä, viivoja sekä tarvittaessa kaarevia käyriä kuvassa näkyvien kohteen reunojen päälle. Kun kaikki näkyvät reunat on digitoitu, avataan järjestyksessä seuraava kuva, jossa on näkyvissä samoja pisteitä ja reunalinjoja kuin edellisessä kuvassa. Ohjelma kehottaa käyttäjää näyttämään, missä sijaitsevat ensimmäisen kuvan vastaavat pisteet toisessa kuvassa. Ohjelma vertailee taustalla jatkuvasti vastinpisteiden laskettuja koordinaatteja ja jos niiden jäännösvirheet muodostuvat liian suuriksi, siitä huomautetaan. Kun ohjelma on saanut kustakin kuvasta tarpeeksi riittävän tarkkoja pisteitä, kyseisen kamera-aseman sijainti ja asento on ratkaistu edellisen kuvan suhteen. Kuva on siten orientoitu. Näin edetään kuva kerrallaan ja lopuksi ohjelmalla on muistissaan valmis 3D-malli kohteesta. Kukin sivu teksturoidaan automaattisesti valokuvan mukaisella bittikartalla. Ohjelma osaa automaattisesti oikaista viistokuvat pinnan suuntaisiksi ortokuviksi. Valmis renderoitu malli voidaan tallentaa monissa eri formaateissa, kuten 2D dxf, 3D dxf (AutoCAD), 3ds (3D Studio), wrl (VRML) ja kmz (Google Earth).





**KUVA 10. Kohteen ulottuvuudet digitoidaan valokuvan päälle pisteiden, viivojen ja kaarevien käyrien avulla. Vastinpisteiden paikat näytetään peräkkäisistä kuvista.**

## 5.5 Työssä esiintyneet ongelmat

### 5.5.1 Konvergenttikuvauksen ongelmat

Koko työn suurimmat ongelmat liittyivät konvergenttivalokuvien ottamiseen. Vaikka kamerassa oli 28 mm laajakulmaobjektiivi, kuvausetaisyys jäi monessakin kohtaa liian lyhyeksi. Etäisyyttä kasvattamalla kohteen ja kameran väliin tuli usein jokin häiritsevä näkymä, joka olisi editoitava kuvasta pois jälkikäteen. Vaihtoehtona tälle on ottaa tiheämmin kuvia lähempää kohdetta. Koska peräkkäisissä kuvissa on oltava tietty määrä yhteisiä pisteitä, tämä johtaa kuvien määrän ja samalla työmäärän lisääntymiseen.



**KUVA 11. Aittojen seinustalla olevat maito- ja kottikärryt kannattaa työntää pois ennen kuvausta, niin ei tarvitse editoida niitä pois valokuvasta.**

Kuvauksen kannalta hankalia paikkoja tai kohteita olivat perunakuoppa päarakennuksen eteläpäässä, navetan itä- ja pohjoisreunat (ulko-WC, aita ja metsä olivat liian lähellä) sekä saunan länsipääty, jossa oli epämääräinen puupino. Kuvausilmalla on suuri merkitys kuvien valotukseen. Pilvipoutaista säätä kannattaa todellakin tavoitella.

Jalustan keskikutkessa oli rasiatasain, jonka avulla kameran olisi periaatteessa joka otoksella saanut vaakasuoraan. Jalustan jalkaruuvit luistivat, joten jalkaa oli vaikea saada pysymään vaakasuorassa. Vaikka rasiatasaimen kupla olisikin ollut renkaan keskellä, kameraa joutui miltei aina kääntämään ennen kuvan ottoa vaaka- ja/tai pysty akselinsa ympäri ja siten kameran kuvataso ei enää ollutkaan suorassa. Tässä vaiheessa ei ollut tietoa siitä, miten konvergenssikuvausohjelma selviytyisi näistä epätarkkuuksista. Jälkeenpäin ilmeni, että kameran vinoudella ei ole vaikutusta mallinnukseen.

Valokuvatessa kamera kiinnitetään jalustalle ensisijaisesti siksi, että halutaan mahdollisimman teräviä kuvia. Terävyys syntyy siitä, että kamera ei heilahda valotuksen aikana. Jotta kuvassa sekä etu- että taka-alalla esiintyvät kohteet kuvautuisivat

mahdollisimman terävinä (suuri syvyysterävyys), on objektiivin aukon oltava pieni. Objektiivin kehällä oleva aukkolukema on silloin suuri. Mitä pienempi on aukko, sitä pidempi on taas valotusaika. Mitä pidempi on valotusaika, sitä suuremmalla todennäköisyydellä kamera heilahtaa valotettaessa. Jalustaa käytettäessä olisi syytä käyttää tärähdyksen välttämiseksi myös jonkinlaista kaukolaukaisinta. Vanhemmissa filmiä ja mekaanista/sähköistä suljinta käyttävissä kameroissa tällaista kaukolaukaisinta kutsuttiin lankalaukaisimeksi.

Koska kaukolaukaisinta ei tähän kameraan kuvaushetkellä ollut, oli turvaututtava sen itselaukaisimeen. Laukaisimen viive oli pitkä, noin 10 sekuntia. Yrityksistä huolimatta aikaa ei onnistuttu lyhentämään. Jokainen kuva otettiin kolmeen kertaan ja valotushaarukointi lisäsi kuvien määrän tästä vielä kolminkertaiseksi. Itselaukaisimen pitkällä viiveellä oli siis merkitystä. Valotushaarukointia käytettäessä jalusta on ehdottoman välttämätön, koska peräkkäisissä valotuksissa kuvat eivät aukkoasetusta lukuun ottamatta saa poiketa toisistaan.

### **5.5.2 Takymetrimittauksen ongelmat**

Satelliittipaikantimella tehdyissä mittauksissa ei ollut ongelmia. Niitä ei varsinaisesti ollut takymetrimittauksessakaan johtuen siitä, että rakennusten mitattavaa geometriaa yksinkertaistettiin paljon. Jos rakennukset olisivat olleet muodoltaan monimutkaisempia kuin nämä laatikkomaiset rakenteet suoralla harjakatolla, mittapisteitä olisi tullut enemmän ja ne olisivat olleet vaikeammin hallittavissa. Silloin olisi kannattanut käyttää esimerkiksi 3D -Win ohjelmaa mittausten tallentamisessa, sillä ohjelma tuottaa pisteistä valmiita pintamalleja.

Mittaus suoritettiin 360 asteen prismalla kaikista sellaisista pisteistä, joihin pääsi äärelle. Ylempänä olevat tai muuten luoksepääsemättömät pisteet mitattiin käyttäen prismatonta mittausta. Tässä on mahdollista käyttää myös näkyvää punaista laserpistettä, jolloin kohdistaminen onnistuu ilman, että tarvitsee katsoa kaukoputken läpi. Jos tähtäys on jyrkkä, läheltä rakennusta ylös räystäään alle, kaukoputken läpi katselu rasittaa niskoja. Toisaalta kirkkaassa päivänvalossa laserpiste näkyy huonosti. Mittausta kannattaisi siten jopa ajoittaa hämärämpään aikaan. Mitatessa olisi hyötyä sellaisesta

takymetristä, jolla voi ottaa samalla valokuvan mitattavasta pisteestä. Tämä helpottaa aineiston jatkokäsittelyä.

## 6 POHDINTA

Tulokset osoittavat, että käyttämäni mittaustavat ja rakennusten pelkistetty mallinnus AutoCAD-ohjelmalla ovat riittävä ja kustannustehokas tapa Liehtalanniemen kaltaisten kohteiden digitaalisesti tallentamiseksi. Malleja voidaan kehittää edelleen liittämällä niihin teksturointi otetuista valokuvista. Monimuotoisten rakennusten mallintaminen on helpompaa konvergenttivalokuvia hyödyntävillä ohjelmilla kuten PhotoModeler, joka teksturoi mallin pinnat automaattisesti viistovalokuvista oikaisemillaan ortokuvilla.

On tärkeää, että mittaukset tehdään alusta asti globaalissa koordinaatistossa eikä erilliskoordinaatistossa. Mittaukset ovat muutettavissa mihin tahansa tunnettuun koordinaatistoon myöhemmin muunnoksen kautta. Malli voidaan siten viedä esimerkiksi Google Earthiin ja sitä voidaan jalostaa eteenpäin periaatteessa kenen toimesta tahansa.

Toimeksiantaja Viva3-projekti oli tämän työn tuloksiin erittäin tyytyväinen. Museotilan ylläpitoon ja hallintaan saatiin runsaasti valokuvia ja muuta uutta havaintodataa. Katoavan ja rapautuvan rakennusperintömiljöömme 3D-digitointia tarvitaan nyt ja tulevaisuudessa varmasti. Eri asia vain on, ollaanko siitä valmiita maksamaan ja kuinka paljon. Jos työtä teetetään yrityksillä, työn on oltava taloudellisesti riittävän kannattavaa.

## LÄHTEET

1. VIVA3. WWW-dokumentti. <http://www.mamk.fi/viva3>

Päivitetty 30.12.2010. Luettu 5.5.2011.

2. Museot.fi. Liehtalanniemen museotila. WWW-dokumentti.

[http://www.museot.fi/museohaku/index.php?museo\\_id=21686](http://www.museot.fi/museohaku/index.php?museo_id=21686)

Ei päivitystietoa. Luettu 5.5.2011.

3. Etelä-Savon paikallismuseot. Liehtalanniemen museotila. WWW-dokumentti.

[http://www.etelasavonmuseot.fi/museot/puumalanmuseot/liehtalanniemen\\_museotila.html](http://www.etelasavonmuseot.fi/museot/puumalanmuseot/liehtalanniemen_museotila.html).

Päivitetty 9.3.2011. Luettu 5.5.2011.

4. Kaihola Sari. Haastattelu 19.6.2010. Liehtalanniemen opas. Puumalan kunta

Beller Seppo. Haastattelu 19.6.2010. Liehtalanniemen pehtoori. Puumalan kunta

5. HDR. WWW-dokumentti. <http://fi.wikipedia.org/wiki/HDR>. Päivitetty 8.5.2011.

Luettu 28.5.2011.

6. Penttilä Hannu. 3-ulotteinen CAD-mallinnus ja visualisointi. WWW-dokumentti.

[http://www.tut.fi/units/arc/aml/sisaltosivut/opetus/amp/amp\\_oppimat/108cad2.htm](http://www.tut.fi/units/arc/aml/sisaltosivut/opetus/amp/amp_oppimat/108cad2.htm)

Päivitetty 3.9.2005. Luettu 26.5.2011.

7. Vinni Päivi. Kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa – Mitä on fotogrammetria?

WWW-dokumentti. <http://www.kotikone.fi/faryan/Teksteja/JatkokurssiB.htm>

Päivitetty 2003. Luettu 28.5.2011.

8. Janhunen Tuula. I-SITE 4400 LR maalaserkeilain rakentamismittauksissa.

Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Maanmittaustekniikan koulutusohjelma. Huhtikuu 2009.

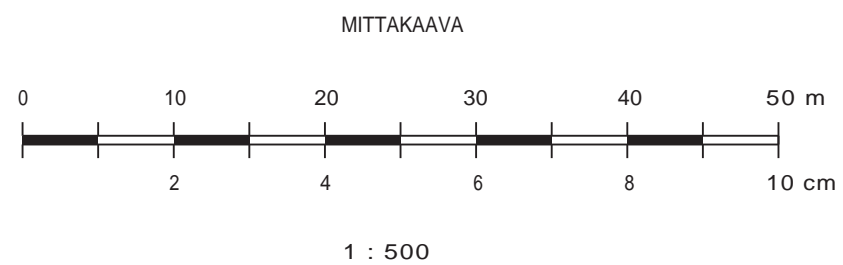
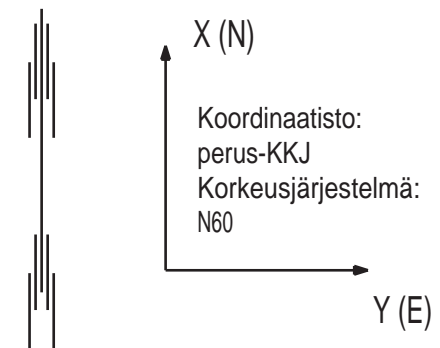
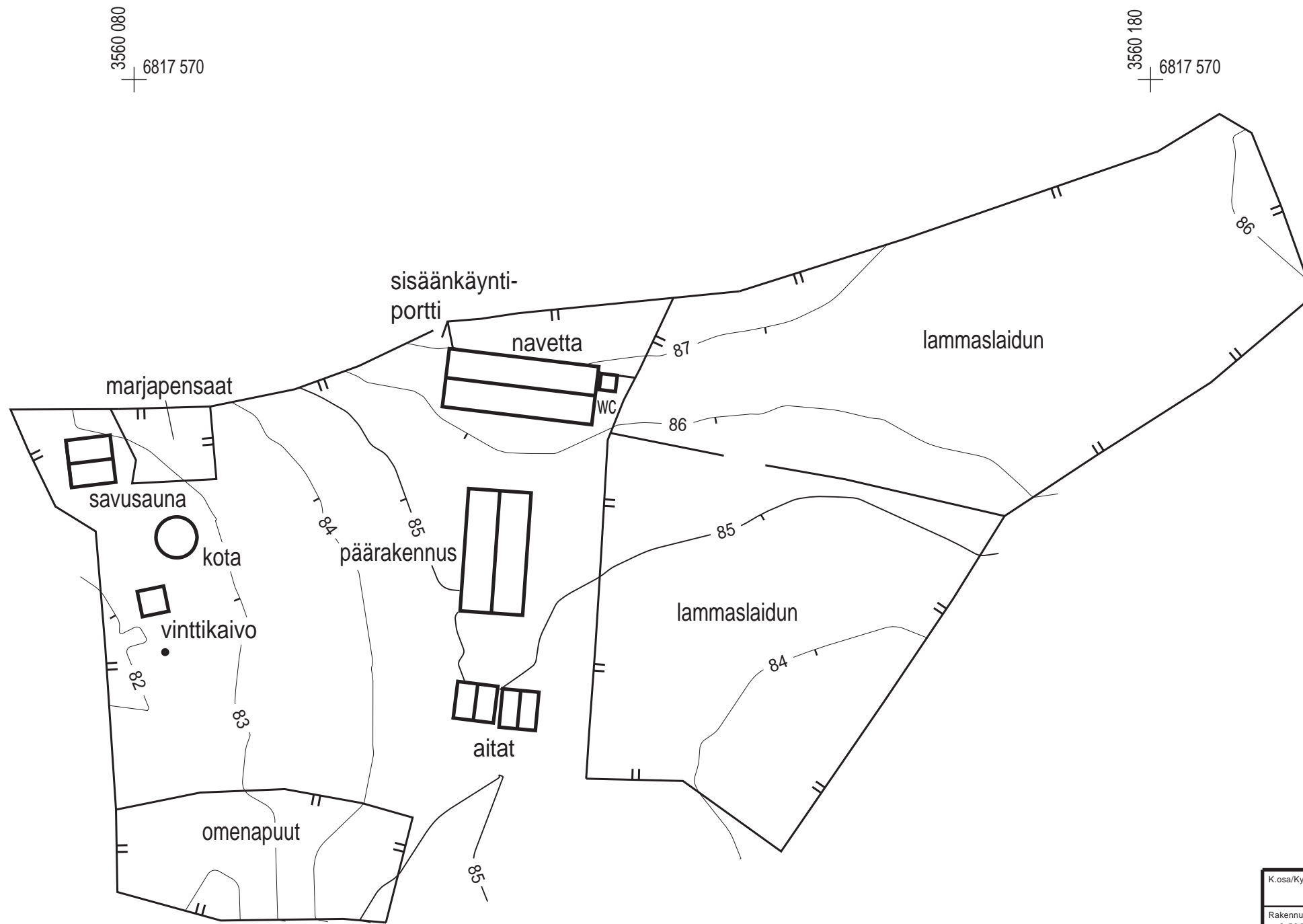
9. Eos Systems Inc. WWW-dokumentti. PhotoModeler, Measuring & Modeling the

Real World. [http://www.photomodeler.com/about\\_us/default.htm](http://www.photomodeler.com/about_us/default.htm)

Päivitetty 2011. Luettu 28.5.2011.

## **LIIITTEET**

1. Maastomittauksiin perustuva kartta museotilan pihapiiristä. 3.8.2010.
2. Pelkistetty 3D-malli Liehtalanniemen rakennuksista, perspektiivinäkymä



Rakennukset on esitetty katon ääri viivojen mukaisesti

Copyright: Inno-CAD Oy

K.osa/Kylä	Korttel/Tila	Tontti/RN:o	Viranomaisten arkistomerkinne		
Rakennustoimenpide <b>KIINTEISTÖTUNNUS: 623-410-1-5</b>			Piirustuslaji <b>KARTOITUS</b>		
Hanke <b>LIEHTALANNIEMEN MUSEOTILA YLÖSSAARENTIE 205 52200 PUUMALA</b>			Piirustus		Mittakaavat <b>1:500</b>
<p>Laaksopolku 12 B 6, 70910 VUORELA Puhelin: 045 670 2480, Web: www.innocad.com Sähköposti: kari.nieminen@innocad.com</p>			Maastotyöt	23.7.2010	KN+GPS+TPS+PR
			Suunnitellut	3.8.2010	KARI NIEMINEN, tie- ja vesirakennusinsinööri
			Suunnitteluala, työn numero ja piirustuksen numero		
KUOPIO	3.8.2010		<b>GEO</b>		

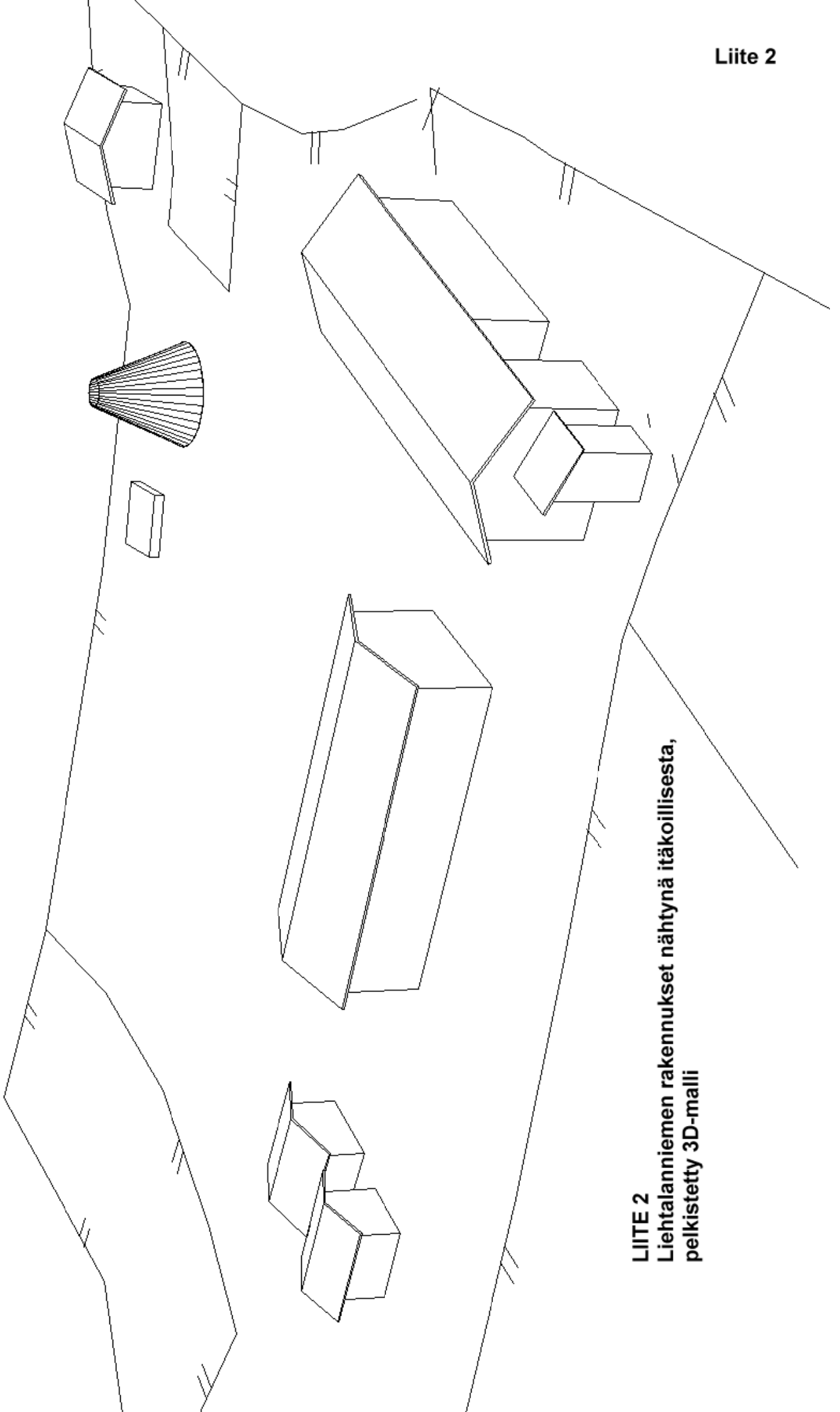
3560 080  
+ 6817 570

3560 180  
+ 6817 570

3560 080  
+ 6817 470

+





**LIITE 2**  
Liehtalanniemen rakennukset nähtynä itäkoillisesta,  
pelkistetty 3D-malli