

Samuel Rekilä

**LASERKEILAUS JA ACTION-KAMERA KUNTOTUTKIMUKSEN  
APUVÄLINEENÄ**

# **LASERKEILAUS JA ACTION-KAMERA KUNTOTUTKIMUKSEN APUVÄLINEENÄ**

Samuel Rekilä  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, talonrakennus

---

Tekijä: Samuel Henri Kristian Rekilä

Opinnäytetyön nimi: Laserkeilaus ja action-kamera kuntotutkimuksen apuvälineenä

Työn ohjaaja: Martti Hekkanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017

Sivumäärä: 36

---

ISS Proko Oy teki kesällä 2016 Kempeleen vanhan kirkon kuntotutkimuksen. Kuntotutkimuksessa käytettiin apuna laserkeilausta ja action-kameraa. Laserkeilaus on mittaamenetelmä, jolla pystytään tehokkaasti keräämään kolmiulotteista tietoa kaikenlaisista kohteista. Action-kamera on pieni ja näppärä videokamera, jolla voidaan kuvata korkealaatuisia videoita tai valokuvia ahtaissa ja vaikeapääsyisissäkin paikoissa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka laserkeilaus ja action-kamera tukevat korjaushankkeen inventointivaihetta. Lisäksi työssä pohdittiin kyseisten menetelmien etuja ja hyötyjä sekä arvioitiin, miten ne tehostavat tutkimustoimintaa ja sen laatua. Työssä tarkasteltiin myös menetelmien kustannustehokkuutta ja asiakkaan hyötymistä menetelmien käytöstä kuntotutkimuksessa.

Opinnäytetyössä käytiin läpi korjaushankkeen vaiheita sekä laserkeilauksen ja action-kameran ominaisuuksia ja toimintaperiaatteita. Työhön on kerätty informaatiota monista artikkeleista ja nettisivustoilta.

Laserkeilauksella saatiin tutkimuskohteesta pistepilvitiedosto, jonka avulla rakennuksesta tehtiin uudet mittapiirustukset. Uusien piirustusten perusteella pystyttiin selvittämään rakenteiden elämistä ja kaltevuutta. Laserkeilauksen huomattiin olevan nopeampi, turvallisempi ja kustannustehokkaampi menetelmä verrattuna perinteisiin mittaamenetelmiin. Lisäksi työssä saatiin selville, että pistepilvi toimii inventointimallin pohjana.

Action-kameralla saatiin kohteesta kuvattua nykytilannetta Mikael Toppeliuksen maalauksista, tukipilareista, ryömintätilasta ja kattorakenteista. Kuvia ja videoita hyödynnettiin kuntotutkimuksessa jatkotoimenpiteiden kartoittamisessa, raportoinnissa sekä dokumentoinnissa. Action-kameran huomattiin olevan ominaisuuksiinsa nähden halpa ja helppokäyttöinen videokamera.

---

Asiasanat: Korjaushanke, laserkeilaus, pistepilvi, action-kamera, tukipilarikirkko

## **ABSTRACT**

Oulu University of Applied Sciences  
Civil engineering, House Building Engineering

---

Author: Samuel Rekilä

Title of thesis: Laser Scanning and Action Camera as Aids in Condition Survey

Supervisor: Martti Hekkanen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017 Pages: 36

---

ISS Proko Oy conducted Kempele vanha kirkko's condition survey in the summer 2016. The condition survey was done by using laser scanning and action camera. Laser scanning is a measurement method that can be used effectively to collect three-dimensional data from all kinds of objects. An action camera is a little and handy video device, that can be used when shooting high definition videos or photographs in narrow places or places that are difficult to access.

The aim of the thesis was to find out how laser scanning and action camera support the investment phase of renovation projects. An additional aim was to evaluate the benefits and advantages of these tools and to evaluate how their use improves condition survey and its quality. This thesis focused also on the cost effectiveness of these methods and the added value they bring to the customer.

The thesis covers the stages of a renovation project and the features and operating principles of laser scanning and action cameras. The information used in this thesis has been gathered from several articles and web pages.

Laser scanning created a point cloud-file of the renovation object that was used to make new scale drawings of Kempele vanha kirkko. The new scale drawings were used to measure the structural mobility and inclination. It was discovered that laser scanning is faster, safer and more cost efficient method compared to traditional measurement methods. It was also discovered that point cloud could be used as a basis for an investment model.

The action camera enabled the photographing of the current state of Mikael Toppelius' paintings, the support pillars, narrow basement and roof structures. The photographs and videos were utilized in the condition survey to plan the future steps of renovation, reporting and documentation. It was discovered that an action camera is a cheap and easy to use tool in relation to its features.

---

Keywords: Renovation project, laser scanning, point cloud, action-camera, buttress church

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää opinnäytetyön tilaajaa ISS Proko Oy:tä ja etenkin Jyrki Heinosta mielenkiintoisesta aiheesta. Lisäksi haluan kiittää Martti Hekkasta opinnäytetyön ohjaamisesta. Kiitos myös läheisille tuesta ja kannustuksesta.

Oulussa 4.5.2017

Samuel Rekilä

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
1.1 Tausta	5
1.2 Tavoitteet	5
1.3 Tutkimusmenetelmä	5
2 KORJAUSHANKKEEN LÄPIVIENNIN VAIHEET	6
2.1 Yleinen malli	6
2.2 Tarveselvitys	6
2.3 Hankeohjelma ja inventointi	7
2.4 Rakennussuunnittelu	8
3 LASERKEILAUS JA ACTION KAMERA	10
3.1 Laserkeilaus	10
3.1.1 Laserkeilain	11
3.1.2 Laserkeilauksen vaiheet ja käyttökohteet	13
3.1.3 Pistepilvi	14
3.2 Action-kamera	17
4 ESIMERKKIKOHDE KEMPELEEN VANHA KIRKKO	19
4.1 Kohteen perustiedot	19
4.2 Tarveselvitys ja hankeohjelma	21
4.3 Laserkeilaus esimerkkikohteessa	22
4.4 Action-kamerakuvaus esimerkkikohteessa	27
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	29

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Suomessa tehdään jatkuvasti vanhojen ja uusien rakennuksien kuntotutkimuksia. Kuntotutkimuksissa käytetään monenlaisia menetelmiä tiedon hankintaan ja ongelmien havaitsemiseksi sekä selvittämiseksi. Uusia teknologisia menetelmiä käytetään nykyään myös kuntotutkimustoiminnassa. Näihin menetelmiin kuuluu mm. laserkeilaus ja action-kameran käyttö, joita tässä opinnäytetyössä tutkittiin. Tässä työssä käytetään esimerkkitapahtumana vuonna 1691 valmistunutta Kempeleen vanhaa tukipilarikirkkoa, johon ISS Proko Oy teki kuntotutkimuksen kesällä 2016.

## 1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten laserkeilaus ja action-kamera tukevat korjaushankkeen inventointivaihetta. Tutkimuksessa pohdittiin laserkeilauksen sekä action-kameran etuja ja hyötyjä sekä arvioitiin miten nämä teknologiat tehostavat tutkimustoimintaa ja sen laatua. Lisäksi tarkasteltiin ovatko menetelmät kustannustehokkaita ja miten asiakas hyötyy menetelmien käyttämisestä kuntotutkimuksessa.

Työssä perehdyttiin Kempeleen vanhan kirkon kuntotutkimuksessa käytettyihin laserkeilaukseen ja action-kameraan sekä niiden ominaisuuksiin ja toimintaperiaatteisiin.

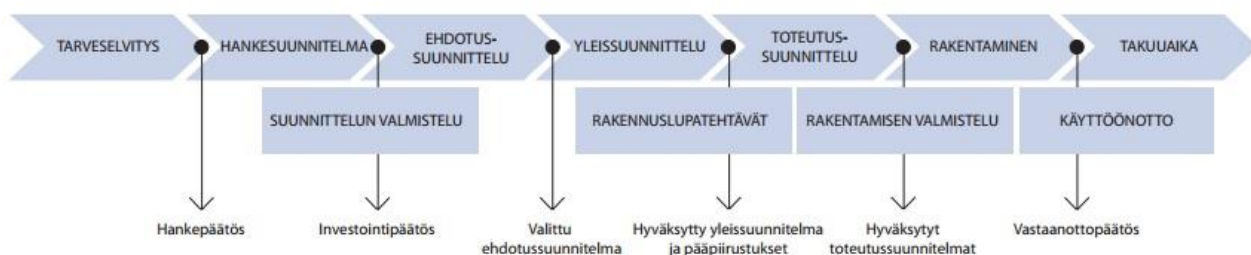
## 1.3 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyötä varten kerättiin tietoa laserkeilauksesta ja action-kamerasta sekä niihin liittyvästä terminologiasta. Tärkeiksi tiedonlähteiksi muodostuivat monet artikkelit, jotka käsittelevät laserkeilausta sekä action-kameraa. Lisäksi tietoa on kerätty sähköpostikyselyllä sekä tutkimuksen tekijän omakohtaisella osallistuvalla havainnoinnilla. Työn lähestymistavaksi valittiin osallistuva tutkimusmenetelmä, jossa havainnoidaan tehtävän aikana tapahtuvia ilmiöitä. Tärkeää on, että tutkija tietää miten on tutkimusongelmaa lähestynyt.

## 2 KORJAUSHANKKEEN LÄPIVIENNIN VAIHEET

### 2.1 Yleinen malli

Rakennushanke käynnistyy rakennuttajan, kiinteistökehittäjän tai -sijoittajan aloitteesta ja se voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin (kuva 1): tarveselvitys, hankesuunnittelu, ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu, toteutussuunnittelu, rakentaminen, käyttöönotto ja takuu aika. (20, s.1.)

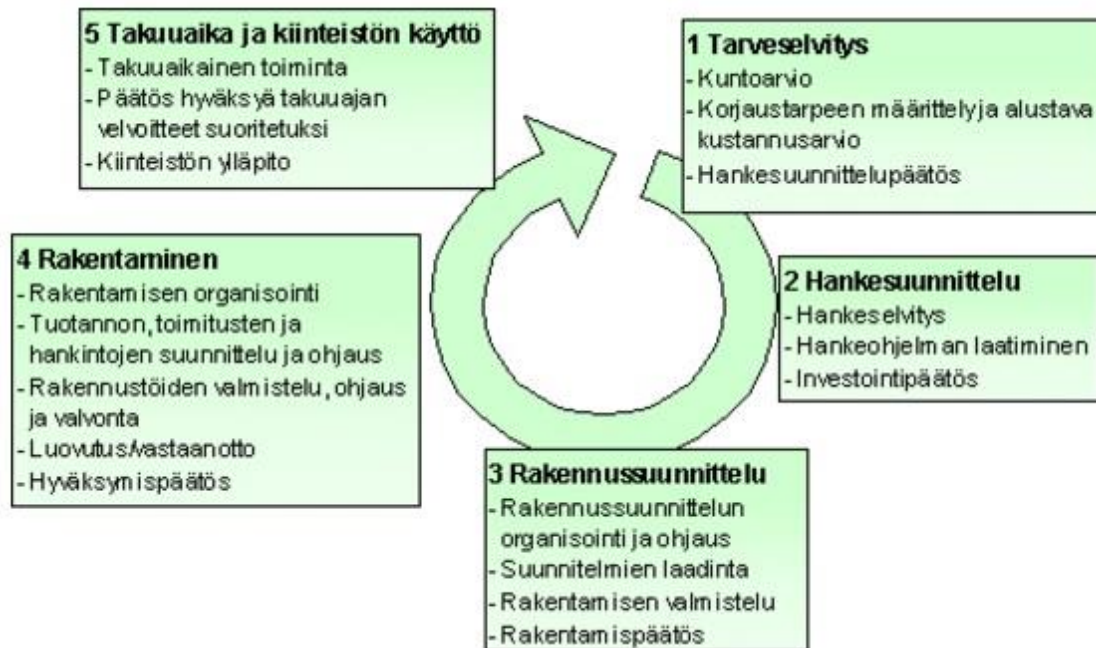


KUVA 1 Talonrakennushankkeen vaiheet (20, s. 1).

### 2.2 Tarveselvitys

Tarveselvitys (kuva 2) on asiakirja, joka tehdään hankintapäätöksen pohjaksi. Tarveselvityksessä perustellaan hankkeen tarpeellisuus, kuvataan tarvittavat tilat, tutkitaan tilantarpeen tyydyttämisen vaihtoehdot ja arvostellaan eri ratkaisujen edullisuus. Korjausrakennushankkeen tarveselvitykseen kuuluvat lisäksi kuntoarvio, korjaustarpeen määrittely ja alustava kustannusarvio. Tarveselvityksen on laajuudeltaan vastattava päätöksenteon vaatimuksia. Tarveselvitysvaiheeseen osallistuvat käyttäjä, rakennuttaja ja suunnittelija. Käyttäjä on vastuussa tarveselvityksen tekemisestä. Tarveselvityksessä käytetään tarvittaessa ulkopuolisia asiantuntijoita luotettavan tuloksen aikaansaamiseksi. Rakennuttajan asiantuntemusta tarvitaan alustavan rakennusohjelman laadinnassa ja kustannusten arvioinnissa. (21, s.10; 22.)





KUVA 2 Yksittäisen korjaushankkeen eteneminen (22).

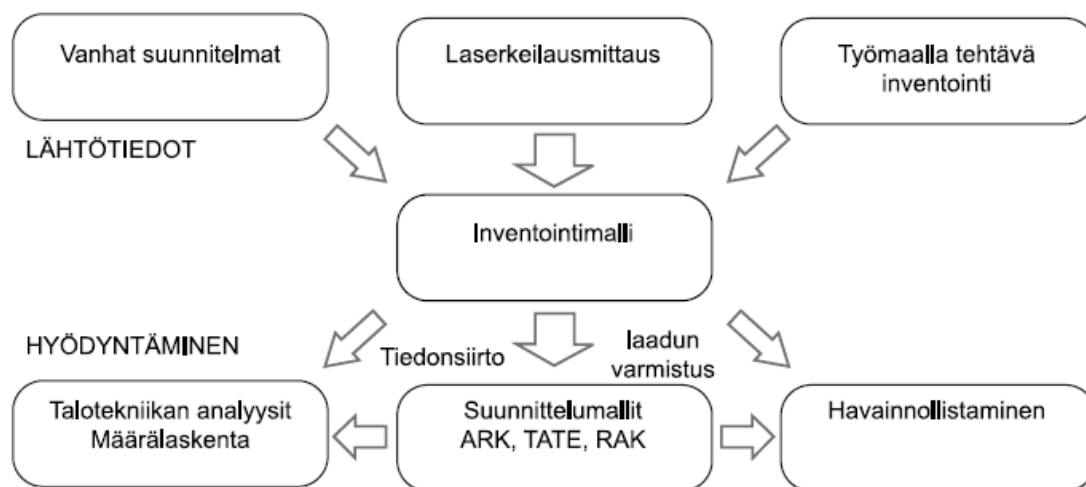
### 2.3 Hankeohjelma ja inventointi

Hankeohjelman laatiminen kuuluu hankesuunnitteluun (kuva 2). Hankeohjelman tarkoituksena on asettaa täsmälliset laajuutta, laatua, ajoitusta, kustannuksia ja myöhempää ylläpitoa koskevat tavoitteet valitulle korjausvaihtoehdolle sekä määrittellä korjauksen rahoitus- ja toteutustapa. Jatkosuunnittelun pohjana toimiva hankeohjelma antaa tarvittavat tiedot ja perusteet investointipäätökselle. (22; 24.)

Inventoinnilla tarkoitetaan järjestelmällistä tiedon hankintaa ja tallentamista esimerkiksi rakennetusta ympäristöstä, maisemasta tai muinaisjäänöksistä. Rakennusinventointi kohdistuu yksittäiseen rakennukseen, sen sisätiloihin, materiaaleihin ja kiinteään sisustukseen. (23, s. 13.)

Inventointimalli on tietomalli, joka laaditaan kohteen lähtötiedoista, joita ovat mm. vanhat suunnitelmat, laserkeilausmittaus ja työmaalla tehtävä inventointi (kuva 3). Lähtötietojen dokumentointi tehdään hankkeen kannalta tarkoituksen mukaiseen muotoon. Mittatiedot ja geometria, materiaalitiedot sekä tila- ja laa-

juustiedot ovat esimerkiksi kohteen hankkeen lähtötietoja. Inventointimalli ei ole välttämättä 3D-malli, vaan se voi olla jonkinlainen järjestelmällinen tapa koota inventointitietoja. Parhaan hyödyn kohteen inventointimallista saa kuitenkin tekemällä siitä kolmiulotteisen. Kolmiulotteisen inventointimallin pohjalta voidaan luoda luotettavimmat suunnitelmat. Inventointimallintaminen pitäisi aina aloittaa tarvekartoituksella, jonka pohjalta voidaan laatia hankekohtaiset mittaus sekä mallintamisvaatimukset ja -ohjeet joiden avulla haluttu lopputulos mahdollistetaan.(4,s.447.)



*KUVA 3 Inventointimallin lähtötiedot ja hyödyntäminen (4, s.450.)*

Inventointimallia voidaan hyödyntää talotekniikan analyyseissä ja määrälaskennassa, suunnittelumalleissa ja havainnollistamisessa. Inventointimallin tulisi sisältää rakennuksen tilat ja rakennusosat, kuten seinät, alapohja, välipohja ja yläpohja. (4, s.449.)

## 2.4 Rakennussuunnittelu

Rakennussuunnittelu (kuva 2) tarkoittaa rakennuskohteen tarve- ja hankesuunnittelu vaiheissa määrättyjen tavoitteiden ja puitteiden mukaan ympäristöön soveltuvan, arkkitehtonisen, toiminnallisen ja teknisen ratkaisun kehittämistä. Rakennussuunnitteluvaihe alkaa suunnittelijoiden valinnalla, mutta suurissa ja vaativissa kohteissa tarkoituksenmukaisesti valitaan suunnittelijat jo hankesuunnitteluvaiheessa. Pääsuunnittelijan ja suunnitteluryhmän valinta on tehtävä huolellisesti, sillä rakennussuunnittelulla on suuri merkitys rakennushankkeen onnis-

tumiselle. Suunnittelijat valitaan pätevyyden, kokemuksen ja yhteistyökykyisyyden mukaan. Rakennussuunnittelun ohjeena on hankesuunnitelma, josta suunnittelija ja rakennuttaja yhdessä tarkistavat hankesuunnitelmassa esitetyt lähtökohdat ja tavoitteet. (20, s.12.)

Rakennussuunnitelma koostuu erivaiheisista suunnitelma-asiakirjoista. Ehdotussuunnitteluvaiheessa on tarkoituksena saada perusratkaisu, joka huomioi hankkeelle asetetut tavoitteet. Ehdotuspiirustukset laaditaan, jotta voidaan tutkia ja vertailla erilaisia toiminta- ja maankäyttömalleja sekä vaihtoehtoisia perusratkaisuja. Ehdotuspiirustus, joka on valittu suunnitteluratkaisuksi, täydennetään luonnossuunnitelmaksi. Luonnospiirustukset laaditaan, jotta voidaan osoittaa rakennuksen sijoittuminen tontille, sen liittyminen ympäristöön sekä esittää arkkitehtoninen, toiminnallinen ja tekninen yleisratkaisu. Rakennussuunnittelua voidaan jatkaa työpiirustuksiin ja rakennuslupa-asiakirjoihin, kun luonnossuunnitelmat ovat hyväksytyt. (20, s.12.)

Rakennussuunnitteluvaiheeseen osallistuvat käyttäjä, rakennuttaja, suunnittelija ja viranomainen. Käyttäjän tehtävänä rakennussuunnitteluvaiheessa on hyväksyä suunnitelmat eri vaiheissa toiminnallisen ratkaisun osalta. Rakennuttajan tehtäviin kuuluvat suunnittelijoiden valinta käyttäjän kanssa yhteistyössä, huolehtiminen suunnittelusopimusten teosta, seurata suunnittelutavoitteiden toteutumista, huolehtiminen tarvittavien päätösten oikea-aikaisuudesta sekä tarvittavien tietojen ja lupien hankkimisesta. Rakennuttajan kuuluu lisäksi selvittää rakennustyön urakkamuoto ja -rajat sekä valmistaa rakentamisvaihetta. Urakoitsija valitaan myöhemmin urakkakilpailussa. Suunnittelijan tehtäviin kuuluu laatia eriasteiset asiakirjat, joissa kuvataan suunnitteluratkaisut sekä niiden kehittymisen ja joiden lopputuotteena oleva rakennus voidaan tuottaa. Viranomaisena toimii rakennusvalvonta, jonka tehtävänä on varmistaa rakentamisen säännösten ja määräysten oikeanmukaisuus. (20, s.12.)

## 3 LASERKEILAUS JA ACTION KAMERA

### 3.1 Laserkeilaus

Laserkeilaus tarkoittaa mittausmenetelmää, jossa kohteesta ja sen ympäristöstä saadaan mittatarkkaa kolmiulotteista tietoa niihin fyysisesti koskematta. Laserkeilaus perustuu laserkeilaimesta lähtevän lasersäteen kulkuun laitteesta kohteeseen ja heijastuen siitä takaisin. Takaisin heijastuessaan laserkeilain tallentaa lasersäteen etäisyyden, suuntakulman ja takaisinheijastumisvoimakkuuden muodostaen näin mittapisteen. Jotta tieto voidaan muuttaa mittapisteen sijainniksi, tulee tietää myös laserkeilaimen asento ja paikka. Laserkeilaus on nopea ja tarkka mittausmenetelmä, koska sillä voidaan mitata tuhansia tai useampia mittapisteitä sekunnissa, sekä tarkkuustoleranssi on alle millimetristä muutama senttimetriin. Mitatut pisteet muodostavat yhdessä pistepilven, jossa jokaisella pisteellä on oma kolmiulotteinen koordinaattinsa (X, Y, Z). (1, s. 24–25; 3, s. 34; 4, s. 451.)

Laserkeilauksella pystytään kuvaamaan melkein mitä tahansa materiaaleja. Kiiltävät tai voimakkaasti heijastavat pinnat voivat kuitenkin tuottaa ongelmia. Laserkeilaus voidaan suorittaa päivänvalossa ja pimeässä olosuhteista riippumatta. Voimakas sade, pöly, vesihöyry tai aurinkoa kohden mittaaminen voivat kuitenkin estää laserkeilaimen käytön. (1, s. 24; 4, s. 451.)

Laserkeilauksen käyttö vaatii maanmittausalan koulutusta tai kokemusta mittauslaitteiden käyttämisestä. Laserkeilaustiedostot ovat isoja, joten tavallisen kannettavan tietokoneen sijaan täytyisi tiedostojen käsittelyä varten olla tehokannettava, jossa on parempi prosessori ja näytönohjain. Laserkeilauksen tuotteena saatava pistepilvi on inventointimallin pohja, jonka mukaan suunnittelija piirtää inventointimallin siihen soveltuvalla mallinnusohjelmalla. Laserkeilauksen hinta riippuu rakennuksen koosta ja siitä, kuinka kauan mittaustyöhön menee. Viikon laserkeilaustyö maksaa tilaajalle noin 3000 euroa, kun taas hyvä laserkeilain ohjelmiseen ja järjestelmiseen maksaa 50 000-100 000 euroa. Laserkeilauksen tärkein hyöty on sen nopeus verrattuna aiempiin mittaustekniikoihin. Muita hyötyjä ovat esimerkiksi ajan tasalla olevien mittapiirustuksien saaminen.

Haasteina laserkeilauksen käytöllä on laserkeilaimen käyttö ja keilaustiedostojen suuret koot. Ilman koulutusta ja tehokasta tietokonetta laserkeilaaminen on haastavaa. (32; 33.)

### 3.1.1 Laserkeilain

Laserkeilain on mittalaite, jolla mitataan kohteesta kolmiulotteinen pistepilvi. Laserkeilaimet voidaan jakaa etäisyysmittausyksikön toimintaperiaatteen perusteella aikaero- ja vaihe-erolasereihin (kuva 4). Aikaerolaserit ovat hitaampia kuin vaihe-erolaserit, mutta pitkiltäkin matkoilta niillä pystytään mittaamaan tarkasti ja saamaan tiheitä pistepilviä. Vaihe-erolaserit ovat huomattavasti nopeampia mittalaitteita, sillä niillä voi mitata jopa 500 000 pistettä sekunnissa, mutta mittausetäisyys nykyisin jää alle 80 metrin. Mitattavan pistepilven laatu aikaerolasereihin verrattuna ei ole yhtä laadukas. (5, s.2.)



KUVA 4 Aikaero- ja vaihe-erolasereiden toimintaperiaatteet (6, s.7)

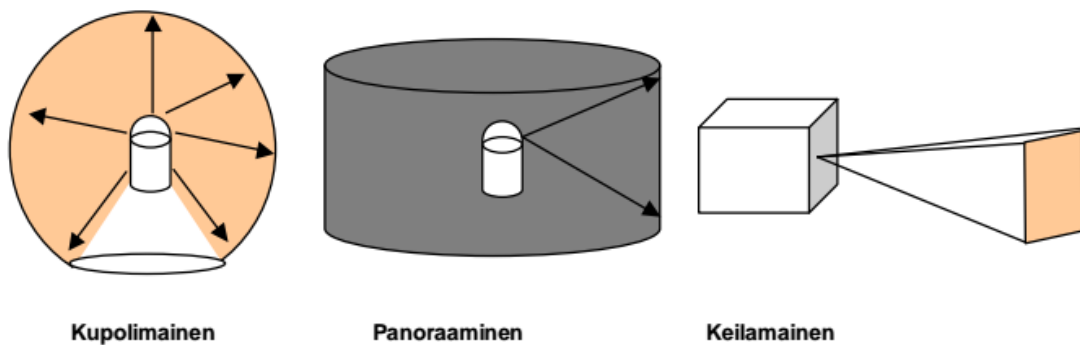
Laserkeilaimet (kuva 5) voidaan luokitella kolmeen pääluokkaan:

- Kaukokartoitus-laserkeilaimet, joilla mitataan lentokoneista, helikoptereista tai avaruusaluksista. Mittausetäisyys näillä laitteilla on 0,1-100 km ja mittaustarkkuus on yleensä suurempi kuin 10 cm.
- Maalaserkeilaimet, joiden mittausetäisyys on 1-300 m ja mittaustarkkuus on alle 2 cm.
- Teollisuuslaserkeilaimet, joilla mitataan alle 30 m etäisyydeltä alle millimetrin tarkkuudella. (5, s. 1; 6, s. 6.)



*KUVA 5 Esimerkki laserkeilaimesta (10.)*

Tässä työssä käsiteltiin maalaserkeilaimia, koska sellaista käytettiin myös esimerkkikohteessa. Maalaserkeilaimet eli terrestriaaliset keilaimet soveltuvat 1-300 metrin matkoille ja niiden mittatarkkuus on alle 2 cm. Maalaserkeilaimien toimintaperiaatteet voidaan jaotella neljään eri tyyppiin: kupolimainen, panoraaminen ja keilamainen mittaustapa sekä optinen kolmiomittaus, joka on näistä harvinaisin. Kuvassa 6. esitetään kolmen yleisimmän mittaustyyppin mittausulottuvuudet. Nykyään yleisin keilaintyyppi on kupolimaisesti mittaava eli mittalaitteen alapuolinen tila jää vain mittaamatta. Tämä on niin sanottu tekninen rajoite. (5, s. 2.)



*KUVA 6 Laserkeilaimien tyyppejä (5, s. 2).*

### 3.1.2 Laserkeilauksen vaiheet ja käyttökohteet

Joalan (5, s.5) mukaan laserkeilausprojekti voidaan jakaa 7 eri vaiheeseen:

1. Suunnittelu, esivalmistelut
2. Keilaus
3. Tähyksien mittaus
4. Mitattujen pistepilvien yhdistäminen
5. Pistepilvien siirto tavoitekoordinaatistoon
6. Mallinnus
7. Mallin siirto suunnittelujärjestelmään

Laserkeilausprojekti alkaa suunnittelulla, joka on tehtävä huolella. Suunnittelu kannattaa aloittaa mitattavaan kohteeseen tutustumisella, jotta voidaan selvittää esimerkiksi asemapisteiden sijainnit. Tilaajan kanssa täytyy sopia valmiin mallin siirtomuodot, täydellisyys, yksityiskohtaisuus ja tarkkuusvaatimukset. Laserkeilauksessa on aina löydettävä kompromissi mittauksen laajuudesta ja tarkkuudesta. Liian tarkka kuva tuo lisäkustannuksia mittauksiin kuluvan ajan ja asemapisteiden lisääntymisen vuoksi, kun taas liian harvaan mitattu pistepilvi ei anna riittävästi tietoa mallinnettavasta kohteesta. Esivalmistelutöihin sisältyy tarvittavan koordinaatiston määrittäminen, johon käytetään tarvittaessa apuna takymetrillä mitattuja jonoja. Esivalmistelutöihin kuuluu myös tähysmerkkien asettelu kohteeseen, joita tarvitaan pistepilvien yhdistämisessä. Tähysmerkkien koordinaatit voidaan mitata takymetrillä joko ennen keilausta tai keilauksen aikana. Mitattujen tähyksien avulla voidaan keilaukset asemoida toisiinsa sekä aiemmin määritettyyn koordinaatistoon. (5, s.5-6; 11, s.1.)

Laserkeilausmittaus voidaan myös suorittaa ilman tähyksiä, jolloin käytetään niin sanottua cloud2cloud-menetelmää, jossa ohjelma yhdistää keilaukset toisiinsa vertailemalla ja yhdistelemällä pistepilvissä esiintyviä samankaltaisia osia toisiinsa. Cloud2cloud-menetelmällä tapahtuva pistepilvien yhdistely on kuitenkin epätarkempaa kuin tähyksiä käyttäessä. Jotta pistepilvien yhdistäminen onnistuisi luotettavasti cloud2cloud-menetelmässä, on kaikkien yhdistettävien skannausten oltava kattavasti yhteydessä toisiinsa. Pistepilvien yhdistämiseen

pitää suhtautua erittäin vakavasti, sillä useat laserkeilausprojektit ovat epäonnistuneet mitattujen pistepilvien yhdistämiseen liittyvissä ongelmissa. (5, s.6; 11, s.1; 16, s.14.)

Jälkikäsitellyssä laserkeilausten rekisteröinti viimeistellään tähys- ja pistepilviyhdistelmien yhdistämisellä. Jokaisessa laserkeilausprojektin mittaus- ja mallinnustöissä on jonkin verran virheitä verrattuna todellisuuteen. Jälkikäsitellyssä pistepilviin yhdistetään valokuvat ja suoritetaan keilausten suodatus, jossa turhat pisteet poistetaan keilauksista. Mallit viedään jatkokäsittelyä varten suunnittelujärjestelmiin, joissa keilauksesta tehdään tilaajan halujen mukainen. (5, s.6; 11, s.2.)

Laserkeilausmittauksen tekemisen syitä on useita. Pääasiallisia syitä ovat esimerkiksi mitattavan kohteen piirustusten puutteellisuus, kolmiulotteisen tiedon tarve, vaarallisten kohteiden mittaaminen, yksityiskohtaisen tiedon tarve kohteesta sekä nopean mittauksen tarve. Laserkeilausmittausta käytetään monissa kohteissa ja uusia kohteita lisääntyy jatkuvasti. Tyypillisiä kohteita ovat tuotantolaitokset, arvorakennukset, sillat, tiet, tunnelit, muistomerkit, laivat, rautatiet, korkeat rakenteet, kallioseinämät sekä maanmittaus. (5, s.5.)

### **3.1.3 Pistepilvi**

Laserkeilausmittauksen tuloksena on pistepilvi, joka koostuu jopa miljoonista laserkeilausmittauksista yksittäisistä, ympäristön ja rakennuksen pinnoilta tiheästi mitatuista pisteistä. Pistepilvestä pystytään havaitsemaan kohteen kolmiulotteiset muodot. Pistepilven koolla on merkitystä, koska on helppoa luoda niin suuria pistepilviä, ettei niitä saada auki edes tehoyöasemalla. Yleisin syy pistepilven mittaamiseksi on kohteen mallintaminen. Sen laatuun vaikuttaa käytettävän pistepilven mitattujen pisteiden laatu, pistepilven tiheys sekä erikseen mitattujen pistepilvien yhdistäminen. Mallinnuksen oikeellisuus voidaan tarkastaa havainnollisesti ja luotettavasti myös geometrisesti monimuotoisissa kohteissa pistepilven avulla. (5, s.3; 14; 17, s. 32; 4, s.447.)



## **Pistepilven tiheys**

Pistepilven tiheydellä tarkoitetaan mitattujen pisteiden keskinäistä välimatkaa, joka vaikuttaa siihen, miten tarkka analyysi pinnan rakenteista ja virheistä voidaan tuottaa. Kuitenkin aineiston käsittely vaikeutuu, jos pistepilvet sisältävät mitattuja pisteitä turhan tiheästi. Tiheästä pistepilvestä ei kuitenkaan ole hyötyä, ellei mitatun pistepilven pisteiden tarkkuus ole hyvä. (5, s. 3; 13, s. 18-21.)

## **Yksittäisen mitatun pisteen laatu**

Yksittäisen mitatun pisteen laatuun vaikuttavat laserkeilaimen lähettämän säteen hajonta ja intensiteetti eli palautuvan signaalin voimakkuus. Suurin hajontaan vaikuttava asia on mittaussäteen osumiskulma. Kun mallinnetaan kohteita, on erittäin tärkeää seurata jäännösvirheitä. Useat keilaimet tallentavat mitatun pisteen lisäksi myös intensiteetin. Intensiteetti riippuu mitattavan kohteen pinnan ominaisuuksista, sillä mittaussignaali palautuu eritavoin esimerkiksi rapautusta pinnasta, maalatusta pinnasta tai ruosteisesta teräksestä. Intensiteettiin voi myös vaikuttaa mittauskohteen kaarevuus. Jokaisen pisteen kohdalla palautuva signaalin voimakkuus voidaan esittää visuaalisesti tietokoneen näytöllä värierona tai harmaasävyn erona. Intensiteettiä hyväksi käyttäen voidaan erottaa myös tekstuuria tasomaiselta pinnalta. Mittalaite voi sisältää kameran, jonka avulla voidaan määrittää pistepilven pisteille oikea väri tai värit voidaan liittää pisteille ulkoisella kameralla otetusta valokuvasta jälkikäteen. (5, s.3; 11, s.2.)

## **Pistepilvien yhdistäminen ja käsittely**

Kohde on mitattava monelta kojeasemalta, koska yleensä tarvitaan mittatietoa myös piiloon jäävistä alueista. Eri kojeasemilta mitattujen pistepilvien yhdistämiseksi isoksi pistepilveksi on monia eri menetelmiä. (5, s.4.)

Yhteisten tähyksien käyttö on tarkin yhdistämismenetelmä, jossa jokaisesta keilatusta pistepilvestä täytyy löytyä ainakin kolme yhteistä koodattua tähyistä, joiden avulla keilaukset asemoidaan toisiinsa ja haluttuun yhtenäiseen koordinaattijärjestelmään. Tähyksien keskipisteet on mitattava laserkeilaimella tai takymetrillä. Tähyksiä on monenlaisia, yleisimpiä ovat tasomaiset, pallomaiset ja puoli-

pallot. Käyttäen yhteisten tähyksien menetelmää, pistepilvien yhdistäminen tapahtuu parhaimmillaan 1-3 mm:n tarkkuudella. (5, s.4; 11, s.1.)

Pistepilvien yhdistämiseen voidaan käyttää myös yhteisiä mallinnettuja kohteita. Tässä menetelmässä kahdessa eri pistepilvessä mallinnetaan yhteisiä kohteita ja annetaan niille koodit, joita sitten käytetään pistepilvien yhdistämisessä. Tällä menetelmällä pistepilvien yhdistämisen lopputulos ei ole yhtä tarkka kuin yhteisten tähyksien käytöllä. (5, s.4; 11, s.1.)

Pistepilviä pystytään myös yhdistämään pistepilvien yhteisten alueiden avulla. Tätä menetelmää voidaan käyttää, jos kahdessa keskenään yhdistettävässä pistepilvessä on vähintään kolmasosa yhteistä aluetta. Molemmissa pistepilvessä osoitetaan vähintään kolme yhteistä pistettä, joiden mukaan tehdään näiden kahden pistepilven likiarvosovitus. Tämän jälkeen voidaan pistepilvet sovittaa samaan koordinaatistoon minimoiden jäännösvirheet. Pistepilvien yhdistämistarkkuus käyttäen apuna pistepilvien yhteisiä alueita on 5-10 mm. (5, s.4.)

On tavallista, että isoimmissa projekteissa mitatut pistepilvet yhdistetään näiden kaikkien menetelmien kombinaationa. (5, s.4.)

Pistepilvien yhdistämisen valmistuttua voidaan keilaus viimeistellä yhdistämällä tähy- ja pistepilvirekisteröinnit. Jälkikäsitelyssä voidaan yhdistää halutut kuvat pistepilviin ja suoritetaan keilausten suodatus. Keilausten suodatus on automaattinen toiminto, jossa pistepilvestä poistetaan häiritsevät sekä turhat pisteet pois. (11, s.2.)

### 3.2 Action-kamera

Action-kamera (kuva 7) on pieni ja näppärä videokamera, jolla pystytään kuvaamaan mitä tahansa ja melkein missä tahansa. Vaikka kamerat ovat pieniä, niiden sisällä on kuitenkin edistynyttä teknologiaa korkealaatuisten valokuvien ja videoiden tallentamiseen. Action-kameroissa on tehokas laajakulmaobjektiivi, joka mahdollistaa koko tapahtumaympäristön kuvaamisen. Useimmissa action-kameroissa on nykyään niin sanottu kalansilmäobjektiivi ja ne ovat tarkoitettuja POV (point of view) -kuvaamiseen, mikä tarkoittaa, että katsoja näkee kaiken kuvaajan näkökulmasta. Action-kameran käyttö ei vaadi käyttäjältä sen kummempaa osaamista kuin normaalin kameran käytöltä. Kameralla voidaan dokumentoida korjauskohteen kuntotutkimusvaiheita tai rakennusvaiheita joka päivä. (15; 18; 32.)



*KUVA 7 Esimerkki action-kamerasta (19.)*

Action-kameroille on monenlaisia kiinnikkeitä, joiden avulla kameran voi kiinnittää esimerkiksi kypärään, pyörään, autoon, vapaan tai veneeseen. Useimmat action-kameramallit ovat vesitiiviitä tai niihin on mahdollista saada vesitiivis suojaus, joka suojaa kameran kastumisen ja mahdollistaa vedessä kuvaamisen.

Useimmissa action-kameroissa on sisäänrakennettu Wi-Fi- ja Bluetooth-yhteys, joiden avulla kameraa voidaan hallita esimerkiksi älypuhelimella. (15; 18.)

Action-kamera markkinoilla on paljon kilpailevia merkkejä, kuten GoPro, Sony, Panasonic, Garmin, TomTom, Denver, König ja Ricoh, joista GoPro on tunnetuin ja kalleimmasta päästä. Action-kameraa hankkiessa kannattaa miettiä, mihin käyttötarkoitukseen kamera tulee, kuinka usein sitä käyttää, kuvataanko sillä valokuvia vai videoita, mikä on budjetti, onko kuvanlaadulla merkitystä, täytyykö kameran olla vedenkestävä ja mitä lisäosia kameraan saatetaan tarvita. Action-kameroiden hinnat eroavat suuresti merkkien ja niiden mallien välillä. Halvimmat kamerat saa ostettua alle 100 €:lla, kun taas kalleimmat maksavat jopa 500 €. (15; 25.)

Kameroiden kuvanlaatuun vaikuttavat resoluutio ja kuvanopeus. Resoluutio tarkoittaa kuvan pikseleiden lukumäärää mittayksikköä kohden. Se merkitään yleensä pikseleinä tuumaa kohden (ppi = pixels per inch). Resoluution kasvaessa kuvan tarkkuus paranee ja kuvatiedoston koko suurenee. Nykyään action-kameroissa pienin resoluutio on 720p, mikä tarkoittaa 1280x720 ppi, jossa 1280 on pistemäärä vaakasuunnassa ja 720 pistemäärä pystysuunnassa. Suurin resoluutio action-kameroissa on 4K, joka tarkoittaa 4096x2160 ppi eli 4K resoluutio on huomattavasti tarkempi kuin 720p. Kuvanopeudella tarkoitetaan, kuinka monta kuvaa kamera pystyy tallentamaan sekunnissa (fps = frames per second). Kuvanopeuden kasvaessa videon katsominen on sulavampaa. 24 kuvaa sekunnissa riittää ihmisen silmille aiheuttamaan yhtenäisen liikkuvan kuvan vaikutelman. Parhaat action-kamerat pystyvät kuvaamaan jopa 240 kuvaa sekunnissa. (25; 26, s. 2; 27.)

Action-kameran tärkeitä ominaisuuksia ovat myös akunkesto, koko ja kestävyys. Kaikkien action-kameroiden akunkeston tulisi olla vähintään 2 tuntia, kun kuvataan 30 fps videoita. Kaikkiin kameroihin on saatavilla vedenkestäviä kotelaita, jotka vaikuttavat myös kameran kestävyyskykyyn. (25.)

## 4 ESIMERKKIKOHDE KEMPELEEN VANHA KIRKKO

### 4.1 Kohteen perustiedot

Kempeleen vanha kirkko on vuonna 1691 valmistunut yksi maamme yhdestätoista jäljellä olevasta arvokkaasta tukipilarikirkosta (kuva 8). Kirkko on puurakenteinen ja sen on suunnitellut tyrnäväläinen Matti Härmä. Kirkossa on hirsrunko, luonnonkivistä tehty kivijalka, paanutettu katto ja lautaverhoiltu julkisivu. Kirkko on kulttuurihistoriallisesti mittaamattoman arvokas rakennus, mikä on huomioitu siten, että museovirasto pyrkii saamaan sille Unescon maailmaperintökohteen aseman. Kirkon alla on 150 hautaa, joiden vainajista osa on muumioitunut. Rakennuksen kunto on heikentynyt lattian alle suoritettujen hautauksien vuoksi. Kirkkoa on kunnostettu ja huollettu useita kertoja, koska kaikki rakennukset tarvitsevat kunnostusta iän myötä. (8; 28; 29, s.5-6.)



*KUVA 8 Kempeleen vanha kirkko (7.)*

Kempeleen vanhassa kirkossa on Mikael Toppeliuksen seinämaalaukset vuosilta 1785–1795, maalaukset on konservoitu 1980-luvun alussa. Kirkkoon on tehty perusteellinen korjaus 1950-luvulla (kuva 9), jolloin mm. kirkon torni ja kirkkorakennus oikaistiin. Kirkon vanha kivijalka purettiin osa kerrallaan ja valettiin tilalle 60 x 60 cm:n teräsbetoniastia, jonka päälle muurattiin uusi kivijalka. Lämmöneristeitä lisättiin useisiin paikkoihin. Vanha katto purettiin, kattorakenteet oiottiin ja uusi katto tehtiin painekyllästetyistä paanuista. Rakennettiin lämpökeskus sekä asennettiin sähkölaitteita ja johtoja. Kirkon päätyseinät vahvistettiin rauta- ja teräspalkeilla, minkä lisäksi torni kiinnitettiin teräsvaijereilla kirkon harjan korkeudelta seinärakenteisiin. (8; 28; 29, s.12-13.)



*KUVA 9 Kempeleen vanhan kirkon tornin korjausta 1954.*

## **Tukipilarikirkko**

Tukipilarikirkossa seinähirsien jatkoskohdat on sijoitettu niitä suojaavien onttojen lamasalvospilarien päälle. Tukipilarit tukevoittavat seinärakennetta ja estävät seinärakenteen pullistumista kattotuolirakenteiden ja vesikaton painosta. Kirkkosalin puolella pitkittäiset ja poikittaiset sidehirret liittyvät tukipilareihin vaikuttaen rakenteita. Kempeleen vanhassa kirkossa on vain yksi tukipilaripari, minkä vuoksi se kuuluu pienimpiin tukipilarikirkkoihin. Teoreettisesti Kempeleen vanha kirkko on siis kahden hirrenmitan pituinen, sillä tukipilaripari sijaitsee rakennuksen puolivälissä. Useimmissa tukipilarikirkoissa on suippuhuppuinen torni, joka on toiminut maamerkinä. (9.)

## **4.2 Tarveselvitys ja hankeohjelma**

### **Tarveselvitys**

Varsinaista tarveselvitystä Kempeleen vanhan kirkon korjaushankkeeseen ei ole laadittu. Rakennukselle on tehty viimeksi 50-luvulla perusteellinen korjaus ja nyt laadittiin rakennushistoriaselvitys lähtötiedoiksi korjaussuunnittelua varten. Rakennushistoriaselvityksen tavoitteena on löytää suunnittelun ja päätöksenteon pohjaksi kohteen säilyttävät ominaisuudet ja hankkia taustatietoja. Tärkein tavoite Kempeleen vanhan kirkon rakennushistoriaselvityksellä oli kokonais kuvan luominen kohteesta ja yhdistää tiedot kohteen historiasta, muutosvaiheista ja nykytilasta. Tarveselvitysvaiheessa laadittiin myös laajamittainen kuntotutkimus vanhan kirkon hankesuunnitelman pohjaksi. (30.)

### **Hankeohjelma**

Kempeleen vanhan kirkon hankesuunnitelma valmistui marraskuussa 2016. Hankesuunnitelman hankeohjelma otti kantaa kohteen laajuustietoihin, kustannuksiin ja aikatauluun. Pinta-alaltaan 183 m<sup>2</sup>:n kirkon kustannusarvio on 1,7 miljoonaa euroa ja hanke on tarkoitus toteuttaa korjausavustuksin vuosina 2017-2021. (31.)

### **4.3 Laserkeilaus esimerkkikohteessa**

#### **Taustaa laserkeilauksen valitsemisesta**

Työssä tarkasteltava korjauskohde, Kempeleen vanha kirkko on 325 vuotta vanha hirsinen painavarakenteinen kirkko. Rakennukseen on tarkoitus tehdä peruskorjaus lähitulevaisuudessa ja suunnittelun tueksi on tarpeen laatia perusteellinen kuntotutkimus.

Kuntotutkimuksen lähtötiedoiksi saatiin Kempeleen seurakunnan arkistosta kerättyjä tietoja. Lähtötietojen perusteella tiedettiin, että kirkon rakenteet ovat eläneet ajan mittaan ja sitä on korjattu useasti. Kirkon seinät eivät olleet suorina, ja ne olivat jonkin verran kallellaan ulospäin. Ennen tutkimusten aloittamista tiedettiin, että kirkon torni on ollut kallellaan ja vuosina 1954–1955 tehdyssä peruskorjauksessa tornia on suoristettu, koska on ollut vaara kirkon kaatumisesta.

Laserkeilauksen päällisimpänä ideana oli saada tietoa rakenteiden elämisestä ja kallistumisesta. Laserkeilaus haluttiin myös tehdä parempien ja tarkkojen nykypäivään täsmäävien mittapiirustusten saamiseksi sekä niiden hyödyntämiseksi korjaussuunnittelussa.

#### **Laserkeilaustyö**

Kempeleen vanhan kirkon laserkeilausmittauksen suoritti Mitta Oy 20.6.2016. Mittaus tehtiin Zoller+Fröhlich 5010X -laserkeilaimella (kuva 4), Trimble S6 -takymetria apuna käyttäen. Laserkeilausmittausta varten paikan päälle luotiin oma koordinaatisto, sovittamalla koordinaattiakselit seinälinjojen suuntaisiksi. Takymetrillä kartoitettiin ympäristöön neljä tarraprismaa referenssipisteiksi, joiden avulla keilausta voidaan jatkaa myöhemmin samaan koordinaatistoon. Takymetrillä mitattiin myös koordinaatit laserkeilaustähyksille, joiden avulla myöhemmässä vaiheessa keilaukset yhdistetään toisiinsa ja haluttuun yhtenäiseen koordinaattijärjestelmään.

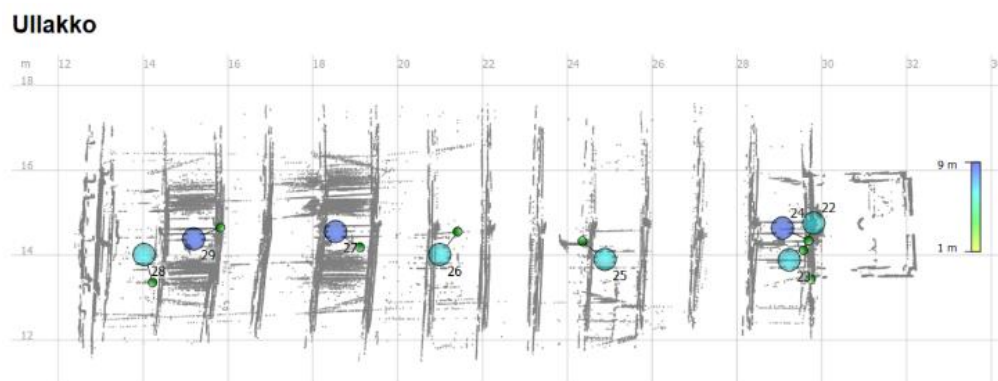
Kirkkoa mitattiin 33 eri pisteestä (kuva 10, kuva 11, kuva 12), joista 7 keilausta tehtiin kirkon pihalla ja 26 sisällä. Pihalla tehdyt keilaukset yhdistettiin tähyksen avulla, kun taas sisällä tehdyt keilaukset yhdistettiin cloud2cloud-menetelmällä,



jossa ohjelma yhdistää keilauksen vertaamalla ja yhdistämällä pistepilvien yhtäläisyyksiä. Ullakolle koordinaatisto vietiin nostamalla keilainta ylöspäin jalustahissin avulla eteisessä olevan kattoluukun läpi.

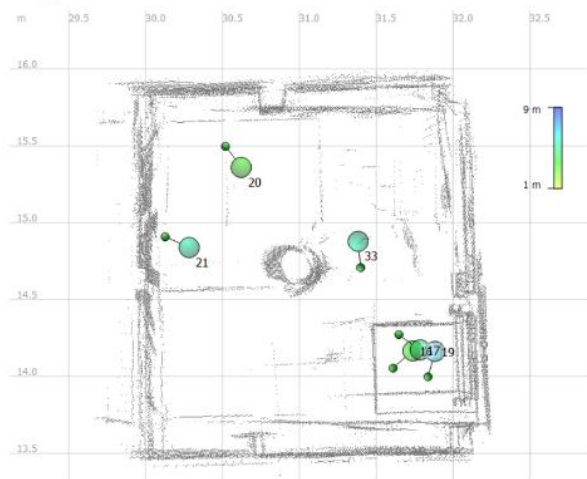


*KUVA 10 Mittauspisteet julkisivuista ja kirkkosalista*



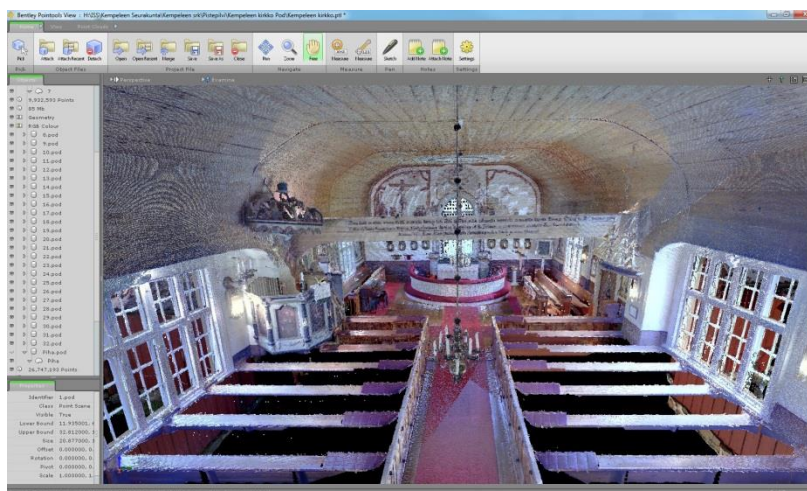
*KUVA 11 Mittauspisteet ullakolta*

## Torni

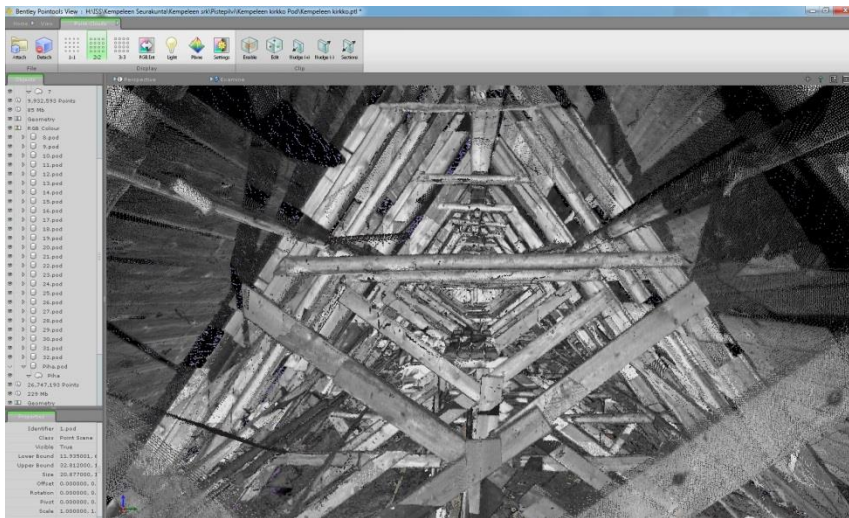


*KUVA 12 Mittauspisteet tornin välitasanteelta*

Laserkeilain mittaa pistepilven kullekin pisteelle lasersäteen paluuheijastusintensiteetin, josta saadaan pisteelle harmaasävyarvo. Kirkon ulkopuoli, kirkkosali ja eteinen keilattiin kameran kanssa, jotta pistepilvestä saatiin värillinen (kuva 13). Ullakko, sivutilat ja torni keilattiin ilman kameraa, minkä vuoksi pistepilvet ovat harmaasävyisiä (kuva 14).



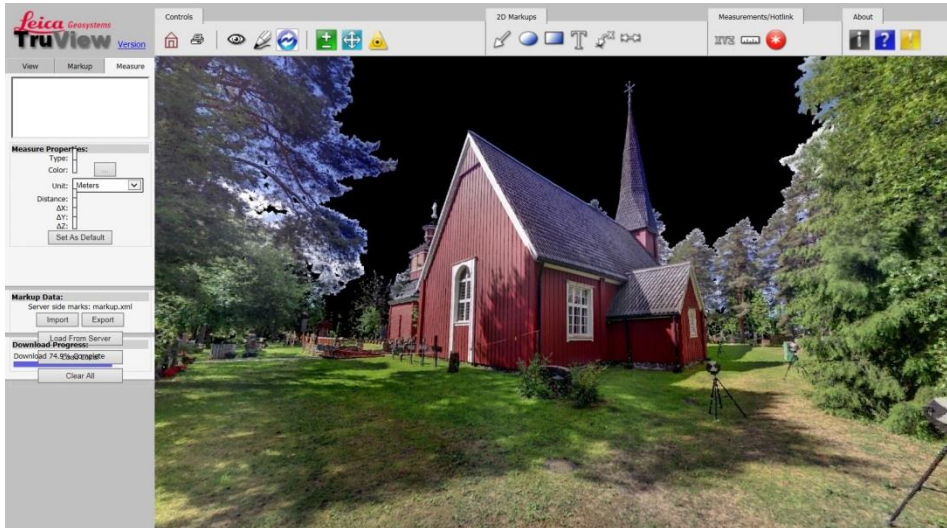
*KUVA 13 Värillinen pistepilvi kirkkosalista Bentley Pointools View- ohjelmasta*



*KUVA 14 Harmaasävyinen pistepilvi kirkon ullakolta Bentley Pointools View-ohjelmasta*

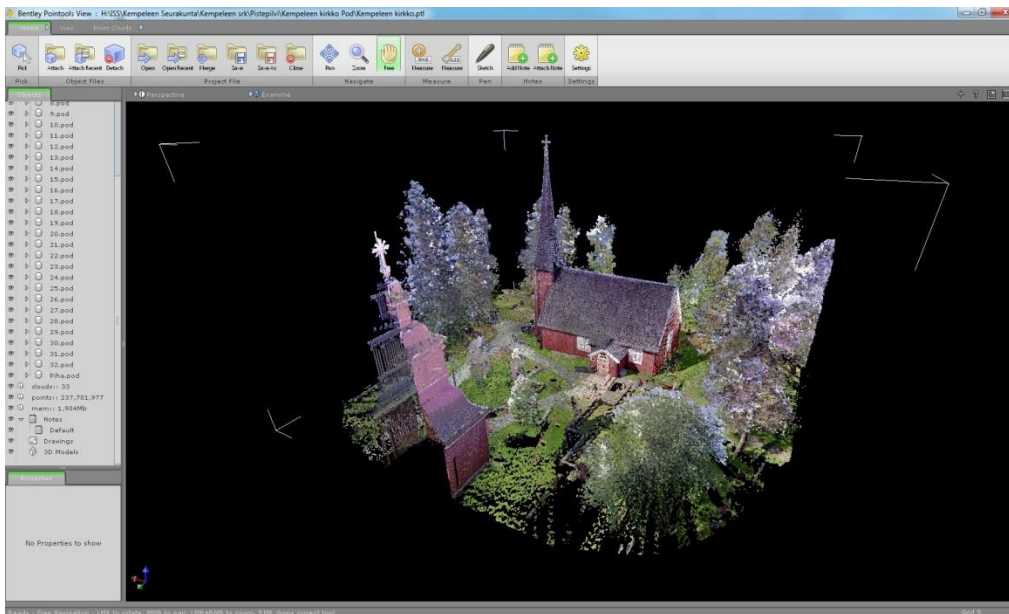
Yhdistämällä tähys- ja pistepilvirekisteröinnit viimeisteltiin keilausten rekisteröinti. Tähystiedosto, joka mitattiin takymetrilla, tuotiin keilausprojektiin ja ulkokeilaukset rekisteröitiin sen avulla koordinaatistoon. Sisäkeilaukset yhdistettiin siten, että kirkon portailta otettu tähyskeilaus määritettiin cloud2cloud-rekisteröinnin pääkeilaukseksi, josta eteenpäin keilaukset yhdistettiin toisiinsa pareittain yhteisten pisteiden avulla. Tässä vaiheessa liitettiin valokuvat pistepilviin ja keilauksista suodatettiin turhat ja häiritsevät pisteet.

Pistepilvestä otettiin leikkauskuvia ISS Prokon Oy:n pyytämistä kohdista. Leikkaukset saatiin pistepilvestä rajaamalla kapea siivu, jota katsottiin kohtisuorasti sivulta päin, sekä pisteisiin sovitettiin viivat, jotka vietiin DWG-formaattiin. Pistepilvestä laadittiin myös TruView-julkaisu, mikä tarkoittaa 360 asteen panoraamakuvaa pistepilvestä, jonka tarkkailupiste on sama kuin laserkeilaimen asema mittausta tehdessä ja näkymä voidaan avata mistä tahansa kartalla näkyvästä keilauspisteestä. TruView-näkymässä (kuva 15) kuvaa voidaan paneroida, zoomata, siihen voidaan liittää merkintöjä ja siitä voidaan tehdä mittauksia.



*KUVA 15 TruView-näkymä kirkon takaa*

Mitta Oy toimitti pistepilvet ISS Proko Oy:lle myös POD-formaatissa ja antoi ohjeet ilmaisen Bentley Pointools View-katseluohjelman asentamiseen ja käyttämiseen. Ohjelmalla voidaan tuoda kaikki pistepilvet kerralla näkyviin (kuva 16) tai siinä voidaan haluttaessa rajata näkymän tiettyihin pistepilviin. Ohjelmassa pistepilven sisällä voidaan liikkua vapaasti ja ottaa mittoja kolmiulotteisesti.



*KUVA 16 Kaikki pistepilvet samassa näkymässä Bentley Pointools View-ohjelmassa*

#### 4.4 Action-kamerakuvaus esimerkkikohteessa

Action-kameran käytön pääasiallinen idea oli kuntotutkimuksessa valokuvien ja videoiden ottaminen Kempeleen vanhasta kirkosta. Videoita ja valokuvia hyödynnettiin nykytilanteen dokumentoinnissa. Action-kameralla kuvattiin mm. Mikael Toppeliuksen maalaukset, ryömintätilaa, tukipilarit, kattoa sekä räystäskouruja. Action-kamerakuvaamisessa apuna käytettiin 6m teleskooppivapaa, johon kamera kiinnitettiin sille kuuluvalla kiinnikkeellä sekä älypuhelinta, jolla kameraa hallittiin WiFi-yhteyden välityksellä.

Mikael Toppeliuksen maalaukset haluttiin kuvata (kuva 17) kuntotutkimustöissä mahdollisten vaurioiden syntymisen vuoksi. Ryömintätilan (kuva 18) ja tukipilareiden todentamiseen päädyttiin käyttämään action-kameraa kirkon rakenteiden haurauden ja ahtauden vuoksi. Näin säästyttiin suojellun kohteen rakenteita rikkovilta menetelmiltä. Katto ja räystäsrakenteet pystyttiin tarkastamaan maasta käsin ja kartoittamaan jatkotoimenpiteet.



*KUVA 17 Action-kameralla kuvattu alttariseinän maalaus ikkunan yläpuolella*



*KUVA 18 Kirkon alapohjan lattiahirren liitoksen siirtymä*

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten laserkeilaus ja action-kamera tukevat korjaushankkeen inventointivaihetta esimerkkikohteessa Kempeleen vanhalla kirkolla. Työssä pohdittiin kyseisten menetelmien etuja ja hyötyjä sekä arvioitiin, miten ne tehostavat tutkimustoimintaa ja sen laatua. Lisäksi työn aikana tarkasteltiin menetelmien kustannustehokkuutta ja miten asiakas hyötyy menetelmien käyttämisestä kuntotutkimuksessa.

Opinnäytetyö aloitettiin keräämällä tietoa laserkeilauksesta ja action-kamerasta sekä perehtymällä korjaushankkeen vaiheisiin. Työssä syvennyttiin myös erikseen esimerkkikohteeseen ja siihen liittyvään historiaan. Lopuksi selvitettiin, kuinka laserkeilaus ja action-kamera kuvaus toteutettiin Kempeleen vanhassa kirkossa.

Perinteisiin menetelmiin verrattuna laserkeilauksen etuja ovat sen tarkkuus, nopeus ja turvallisuus. Laserkeilauksella saadaan halutusta kohteesta muutamassa minuutissa kolmiulotteinen pistepilvi, joka sisältää miljoonia mitattuja pisteitä. Tällä mittausmenetelmällä päästään siis merkittäviin ajallisiin ja taloudellisiin säästöihin verrattuna muihin menetelmiin. Laserkeilaus on myös erittäin turvallinen mittausmenetelmä, koska sillä pystytään vaivattomasti mittaamaan vaarallisissa ja vaikeasti tavoitettavissa olevia paikkoja itse sinne menemättä. Laserkeilauksen lopputuotteena syntyvä pistepilvi toimii inventointimallin pohjana. Menetelmällä saadaan halutusta kohteesta tarkat mittatiedot ja virhemarginaali on alle 2 cm. Laserkeilauksella saadaan nopeasti tehtyä uudet mittapiirustukset ja tarvittaessa kolmiulotteista tietoa, jota voidaan hyödyntää suunnittelussa.

Action-kameralla kuvattiin esimerkkikohteessa ahtaista ja vaikeapääsyisistä paikoista. Action-kameran edut ovat sen koko, hinta, kestävyys ja helppokäyttöisyys verrattuna tavalliseen videokameraan. Action-kameralla pystyy kuvaamaan mitä tahansa ja melkein missä tahansa, sekä sitä voidaan hallita älypuhelimella parhaimmillaan jopa 183 metrin etäisyydeltä. Action-kameraan on saatavissa paljon lisävarusteita, joilla sen käyttöä voidaan laajentaa ja monipuolistaa.

Sillä saadaan erittäin tarkkoja ja laadukkaita kuvia ja videoita, joita voidaan hyödyntää korjauskohteen nykytilanteen dokumentoinnissa.

Opinnäytetyön aiheista laserkeilaus oli minulle suurelta osin uutta asiaa. Opin paljon laserkeilauksesta ja sen käyttämisestä sekä action-kameran ominaisuuksista ja mahdollisuuksista. Laserkeilaus ja action-kamera olivat harvinaisia ja haastavia aiheita käsiteltäviksi kuntotutkimuksen apuvälineinä. Laserkeilauksesta ja action-kamerasta täytyi etsiä tietoa useista lähteistä. Aiheet olivat mielenkiintoisia ja lisäsivät työn tekemisen motivaatiota. Mielestäni laserkeilausta ja action-kameraa tulisi hyödyntää kuntotutkimuksissa nykyistä aktiivisemmin.



## LÄHTEET

1. Koski, Jarkko 2001. Laserkeilaus- Uusi ulottuvuus paikkatiedon keräämiseen. Maankäyttö 4/2001, s.24–26. Saatavissa: [http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk401/mk401\\_273\\_koski.pdf](http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk401/mk401_273_koski.pdf). Hakupäivä 14.12.2016
2. Seppälä, Pauli 2013. Laserkeilaus vähentää työmaalla säveltämistä, Saatavissa: <http://www.omakiinteisto.com/laserkeilaus-vahentaa-tyomaalla-saveltamista/>. Hakuaika 15.11.2016
3. Hotakainen, Markus 2015. Tutkimusta suomessa- Laser mallintaa maailmaa. Tieteessä tapahtuu 1/2015, s.34–35. Saatavissa: <http://ojs.tsv.fi/index.php/tt/article/view/49426/14598>. Hakupäivä: 14.12.2016
4. Rajala, Marko. Laserkeilausmittaus ja rakennuksen inventointimalli. Tietoa Finland Oy, s.446-457. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090701.pdf>. Hakuaika 14.12.2016
5. Joala, Vahur 2006. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. Leica Nilomark Oy. Saatavissa: <https://drive.google.com/file/d/0B3MfAq-wXowIN2Q4MzJIYjktZTA5Ni00ZGMylTikOWUtNTQzMDIwZTI3NDVm/view>. Hakuaika 14.12.2016
6. Kukko, Antero 2005. Laserkeilaimen valinta lähifotogrammetrisiin mittaustehtäviin. Maa-57.290 Fotogrammetrian erikoistyö. Saatavissa: [https://foto.aalto.fi/opetus/290/julkaisut/Antero\\_Kukko/Laserkeilaimen\\_valinta\\_lahifotogrammetrisiin\\_mittauksiin.pdf](https://foto.aalto.fi/opetus/290/julkaisut/Antero_Kukko/Laserkeilaimen_valinta_lahifotogrammetrisiin_mittauksiin.pdf) Hakuaika 15.12.2016
7. Kempeleen seurakunta. Vanha kirkko. Saatavissa: <http://www.kempeleenseurakunta.fi/1050-vanha-kirkko>. Hakuaika 15.12.2016
8. Museovirasto, Kempele. Kempeleen kirkonmäki, 2009. Saatavissa: [http://www.rky.fi/read/asp/r\\_kohde\\_det.aspx?KOHDE\\_ID=1410](http://www.rky.fi/read/asp/r_kohde_det.aspx?KOHDE_ID=1410). Hakuaika. 16.12.2016

9. Knapas, Marja 2006. Tukipilarikirkko on suomalainen erikoisuus, kulttuuriympäristömme.fi. Saatavissa: [http://www.kulttuuriymparistomme.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Artikkelit/Uskon\\_ja\\_uskomusten\\_paikat/Tukipilarikirkko\\_on\\_suomalainen\\_erikoisu\(37452\)](http://www.kulttuuriymparistomme.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Artikkelit/Uskon_ja_uskomusten_paikat/Tukipilarikirkko_on_suomalainen_erikoisu(37452)). Hakupäivä: 16.12.2016

10. Zöllner+Fröhlich. Z+F Imager 5010X, 3D Laserscanner. Saatavissa: [http://www.zf-laser.com/Z-F-IMAGER-R-5010X.3d\\_laser\\_scanner.0.html?&L=1](http://www.zf-laser.com/Z-F-IMAGER-R-5010X.3d_laser_scanner.0.html?&L=1)  
Hakupäivä 10.4.2017

11. Ikkala, Lauri 2017. RE: Laserkeilaus Kempeleen vanhalla kirkolla. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Samuel Rekilä. 27.2.2017

12. Aaltio-Marjosola, Iiris 1999. Casetutkimus metodisena lähestymitapana. Saatavissa: <https://metodix.fi/2014/05/19/aaltio-marjosola-casetutkimus/> Hakupäivä 11.4.2017

13. Hyyppä, Hannu - Ahlavo, Marika - Kukko, Antero 2009. Laserkeilauksella kohde kolmiulotteiseksi. Positio 1/2009, s. 18-21. Saatavissa: [https://www.paikkatietoikkuna.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=b9b082a3-7c49-47ee-8d34-238b5ef688c3&groupId=108478](https://www.paikkatietoikkuna.fi/c/document_library/get_file?uuid=b9b082a3-7c49-47ee-8d34-238b5ef688c3&groupId=108478) Hakupäivä 12.4.2017

14. ProDigiOUs. Laserkeilauksen ja pistepilvien hyödyt. Saatavissa: <http://prodigious.tamk.fi/laserkeilaus-ja-tietomallinnus-korjaushankkeissa/laserkeilauksen-ja-pistepilvien-hyodyt/> Hakupäivä: 12.4.2017

15. Actionkamerat.fi. Action kamera - harkitsetko ostamista? Saatavissa: <https://actionkamerat.fi/> Hakupäivä: 12.4.2017

16. Hokka, Tommi 2015. Digitaalinen dokumentointi 3D-käyttöliittymällä. Opinnäytetyö. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu, automaatiotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/96317/Hokka\\_Tommi.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/96317/Hokka_Tommi.pdf?sequence=1) Hakupäivä 12.4.2017

17. Heiska, Nina 2009. Universaaliskanneria etsimässä eli miten valita maa-laserkeilain. Maankäyttö 1/2009, s.30-35. Saatavissa:

[http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk109/mk109\\_1232\\_heiska.pdf](http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk109/mk109_1232_heiska.pdf) Hakupäivä:  
18.4.2017

18. Digi-kuva.fi. Mikä on GoPro-kamera? Saatavissa: <http://digi-kuva.fi/kamerat/toimintakamerat/mika-on-gopro-kamera> Hakupäivä: 19.4.2017

19. Actionkamerat.fi. GoPro Hero 4 Black. Saatavissa:  
<https://actionkamerat.fi/gopro/hero4-black/> Hakupäivä: 19.4.2017

20. RT 10-11224. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennustieto Oy.  
Saatavissa:  
<https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2411224%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-113364/11224.pdf> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 22.4.2017.

21. RT 10-10387. 1989. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennustieto Oy.  
Saatavissa:  
<https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2410387%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-RT%2495%24180/10387.pdf> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 22.4.2017.

22. Taloyhtiö.net. Korjaushankkeen vaiheet. Saatavissa:  
<http://www.taloyhtio.net/korjausjaremontointi/toteutus/vaiheet/> Hakupäivä  
22.4.2017.

23. Sahlberg, Marja 2010. Talon tarinat - Rakennushistorian selvitysopas. Mu-  
seovirasto, rakennushistorian osasto 2010. Saatavissa:  
<http://www.nba.fi/fi/File/1112/talon-tarinat-opas.pdf> Hakupäivä 22.4.2017.

24. Rakentaja.fi 2013. Hankeohjelman laatiminen - Korjaustoimenpiteiden ku-  
vaaminen. Saatavissa: <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/1807/talokorjaamo.htm>  
Hakupäivä 22.4.2017

25. Actionkamerat.fi. Action kamera vertailu. Saatavissa:  
<https://actionkamerat.fi/vertailu/> Hakupäivä 23.4.2017

26. Tuula, P 2015. Pikselit ja resoluutio. Mukanetti.net. Saatavissa: [http://www.mukanetti.net/wordpress/wp-content/uploads/pikselit-ja-resoluutio\\_v2.1.pdf](http://www.mukanetti.net/wordpress/wp-content/uploads/pikselit-ja-resoluutio_v2.1.pdf) Hakupäivä 24.4.2017
27. Tieteen kuvalehti 2009. Elokuvan ja television kuvanopeudet. Saatavissa: <http://tieku.fi/ihminen/elimisto/elokuvan-ja-television-kuvanopeudet> Hakupäivä 24.4.2017
28. Ojalehto, Juhani 2011. Kempeleen vanhasta kirkosta voisi tulla maailmanperintökohde. Yle uutiset. Saatavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-5438788> Hakupäivä 25.4.2017
29. Puustinen, Juhani 2016. Vanha kirkko ja kellotapuli, taustatietoa ja korjaushistoriaa. ISS Proko Oy.
30. Järvinen, Mika - Heinonen, Jyrki - Puustinen, Juhani - Keränen, Anna 2016. Kempeleen vanhan kirkon alue, suppea rakennushistoriaselvitys 23.11.2016. ISS Proko Oy
31. Kempeleen kirkonmäen hankkeet, Alueen ja rakennusten restauroivan kunnostustyön hankesuunnitelma 2016. ISS Proko Oy
32. Keränen, Anna - Väänänen, Pentti - Vares, Kari - Mäkelä, Jani 2017. Re:Haastattelu opinnäytetyötä varten. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Samuel Rekilä 26.4.2017
33. Mikkonen, Martti 2017. Palvelupäällikkö, Mitta Oy. Puhelinhaastattelu. 27.4.2017