

Risto Aalto

HALLIEN TARKASTUSTOIMINTA FOTOGRAMMETRI- AN AVULLA

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinööriytyö

29.9.2016

Tekijä Otsikko	Risto Aalto Hallien tarkastustoiminta fotogrammetrian avulla
Sivumäärä Aika	36 sivua + 7 liitettä 29.9.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Lehtori Tapani Järvenpää Tekninen johtaja Olli Saarinen
<p>Insinööriyön aiheena oli fotogrammetrian hyödyntäminen hallien tarkastustoiminnassa. Tarkastustoiminta suoritettiin rakennesuunnittelutoimisto A-insinöörien toimesta. Työssä lähdettiin kuvaamaan miehittämättömällä ilma-aluksella tietty kohde. Kohteen kuvattu materiaali tutkittiin ja etsittiin mahdolliset puutteet. Mietittiin myös, kuinka materiaalia pystytäisiin hyödyntämään korjausrakentamisessa, mikäli tarkastustoiminnassa löytyy puutteita.</p> <p>Kuvatun kohteen jälkeen kuvat siirtyivät käsittelyyn, jonka tuloksena saatiin ns. pistepilvi. Mietittiin, kuinka eri ohjelmat pystyvät hyödyntämään pistepilveä ja mitä ominaisuuksia pistepilviohjelmat nykypäivänä pystyvät tarjoamaan.</p> <p>Työ antaa rakennesuunnittelijalle yksinkertaiset ohjeet, kun hän saa ensimmäisen kerran käsiinsä pistepilven. Ohjeissa käydään läpi, kuinka käsitellä pistepilveä Tekla Structuresin avulla ja mitä ominaisuuksia ohjelmalla on annettavana.</p>	
Avainsanat	fotogrammetria, tarkastustoiminta, pistepilvi, Tekla Structures

Author Title Number of Pages Date	Risto Aalto Inspection Process of Wide Structures Using Photogrammetry 36 pages + 7 appendices 29 September 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Program	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructors	Tapani Järvenpää, Senior Lecturer Olli Saarinen, Technical Director
<p>The subject of this thesis was utilization of photogrammetry in the inspection process of wide structures. The inspection process was conducted by Structural Engineering Company A-insinöörit. The specific location was filmed with an unmanned aerial vehicle. After shooting the structure, the footage was analyzed and researched for possible deficiencies.</p> <p>The thesis also discusses whether the footage could be utilized in renovation projects, if deficiencies were to be found. The images from photo shooting were transmitted into graphic handling and, as a result, a point cloud was created. The thesis also considers how different programs could utilize point clouds and what kind of features point cloud programs can currently provide.</p> <p>The study also provides simple instructions for a first timer structural engineer on how to use a point cloud. The instructions address subjects such as how to use the point cloud with Tekla Structures and what kind of features the program has to offer for the user.</p>	
Keywords	photogrammetry, inspection process, point cloud, Tekla Structures

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tarkastustoiminta	3
2.1	Mitä on tarkastustoiminta?	3
2.2	Velvoitteet ja lakipykälät tarkastustoimintaa koskien	3
2.3	Kelpoisuusvaatimukset	5
2.4	Vaativuuden määrittely kohteen osalta	5
2.5	Tarkastusmenettelyn eteneminen	5
2.6	Työkalut tarkastustoiminnassa	8
2.7	Mahdolliset virheet ja puutteet, joita fotogrammetrialla voitaisiin huomata	8
3	Fotogrammetria	10
3.1	Mitä fotogrammetria on?	10
3.2	Kuvaproessointi	11
3.2.1	Kuvablokki	12
3.2.2	Ilmakolmiointi	13
3.2.3	Signalointi	14
3.3	Virheiden huomiointi	14
4	Pistepilvi fotogrammetrian avulla	15
4.1	Pistepilven käsittely	16
4.2	Pistepilvien tiedostomuotoja	17
4.3	Kuvien käsittely	17
4.4	Pistepilviohjelmien ominaisuuksia	18
5	Testikohde	20
5.1	Kohteen tiedot	20
5.2	Suunnittelu	21
5.3	Kuvaaminen	22
6	Tulokset	26
6.1	Pistepilven käsittely Tekla Structuresissa	28
6.2	Tarkastustoiminta kohteen osalta	32

7	Pohdinta	33
8	Yhteenveto	34
	Lähteet	35
	Liitteet	
	Liite 1. Kohde- ja asiakirjatiedot	
	Liite 2. Tarkastukset	
	Liite 3. Tulokset	
	Liite 4. Arviointitodistus	
	Liite 5. Käyttö- ja huolto-ohje	
	Liite 6. Ohjelmien tiedostomuotojen vertailua	
	Liite 7. Kuvausmateriaali: julkisivu sekä katto	

Termistö

GPS:	<i>Global Positioning System</i> . Yhdysvaltain puolustusministeriön teettämä satelliittipaikannusjärjestelmä.
IMU:	<i>Inertial Measurement Unit</i> . Laite, joka mittaa kiihtyvyyttä ja kallistusta. Laitetta käytetään paikannuksen tukena.
Kuntotutkimus:	Menettely, jonka avulla selvitetään rakennuksen kunto, vauriomekanismit ja korjausmenetelmät tietyllä laajuudella.
Laserkeilaus:	Tiedon keräämistä ilman, että tarvitsee koskea kohteeseen lasersäteiden avulla.
Makro:	Sovellus, joka auttaa suorittamaan tiettyjä tehtäviä käyttäjän puolesta.
Maneesi:	Ratsastuskenttää suojaava rakennus.
Nelikopteri:	Moniroottorinen robottilennokki.
Ortokuvamosaiikki:	Muodostetaan, kun yhdistetään useita eri kuvia yhdeksi isoksi kuvaksi, tyypillisesti kuvat ovat limittäin 30 % - 80 %.
WGS84	<i>World Geodetic System</i> . USA:n puolustusministeriön ylläpitämä koordinaattijärjestelmä.

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehdään A-Insinööreille. A-Insinööreillä on kattava osaaminen rakennesuunnittelusta jo vuodesta 1959. Heiltä löytyy tietotaitoa ja kattavaa apua rakennesuunnittelun haastavaan maailmaan. Työn tarkoituksena on jatkaa Lauri Sandin, Rakenteellisen turvallisuuden arviointi -opinnäytetyön aihepiiriä ja lähestyä sitä mallintajan näkökulmasta. Lauri Sandin työ: Rakenteellisen turvallisuuden arviointi ottaa kantaa laajarunkoisten rakennusten rakenteellisen turvallisuuden arviointiin laskentaesimerkin kautta, johon on valittu maneesi ja sille tehdyt korjaustoimenpiteet. Tehtävänä on hyödyntää fotogrammetriaa Tekla-mallintamisessa ja tutkia, kuinka nämä kaksi asiaa toimisivat tarkastustoimintaa silmällä pitäen sekä miettiä uusia toimintatapoja ja kehittää niitä rakennesuunnittelijan näkökulmasta.

Rakennusten rakenteelliset ongelmat ovat olleet 2000-luvulla vakavia ja useaan otteeseen ikäviä uutisia sanomalehdissä. Viimeisin tapaus oli Laukaan maneesin romahdus 13.2.2013. Tapaus sai paljon huomiota ja käynnisti lakivalmistelun koskien laajarunkoisten rakennusten rakenteellisen turvallisuuden arviointia ja seurantaa. Lakialoite meni läpi eduskunnassa ja astui voimaan 1.4.2015. Tämän lain myötä myös uusia toimintatapoja on hyvä miettiä, jotta tarkastustoiminta saataisiin yhä helpommaksi ja sujuvammaksi. Tutkimuksen ongelmana on rakenteiden puutteiden löytäminen uusien toimintatapojen avulla.

Tavoitteena on hyödyntää mahdollisimman hyvin kuvattua materiaalia ja luoda suunnittelijalle tiivis paketti pistepilven käsittelystä ja pistepilven hyödyntämisessä 3D-mallissa. Pistepilvien käsittelystä ei A-insinöörien korjausrakentamisen suunnittelijoilla ole laajemmin kokemusta, joten sen käsittelyä on hyvä käydä läpi halli esimerkin avulla. Tavoitteena on myös miettiä uusia toimintatapoja tarkastustoimintaa silmällä pitäen ja kuinka uutta teknologiaa saataisiin hyödynnettyä tulevaisuutta ajatellen.

Tämän työn kohteeksi valittiin autoalan vähittäismyymälä, koska se soveltuu hyvin juuri opinnäytetyöhön. Tärkein syy tämän kohteen valinnalle oli, että se oli laajuudeltaan sopivan kokoinen, joten kuvaus saatiin suoritettua yhdessä päivässä. Kohteen valinnassa tuli ottaa huomioon, että kuvien käsittely on aika vievää jolloin pienemmän koh-

teen valitseminen edesauttoi työn valmistusprosessia. Kohteen tuli täyttää tarkastustoimintaan vaaditut kriteerit, joita ovat muun muassa: rakennuksen käyttötarkoitus, rakennuksen koko ja valmistustavasta riippuva jänneväli.

2 Tarkastustoiminta

Tässä luvussa käydään läpi mitä varten tarkastustoiminta on olemassa, mitä asioita tulee ottaa huomioon ennen tarkastustoimintaa ja mitä vaiheita tähän sisältyy. Lukuun on poimittu tärkeimpiä kohtia RIL 269-2015 Rakennusten rakenteellisen turvallisuuden tarkastusohjeesta.

2.1 Mitä on tarkastustoiminta?

Tarkastustoiminnalla ehkäistään ja ennakoidaan rakennuksissa tapahtuvia vahinkoja ja tapaturmia. Tarkastaminen tapahtuu systemaattisesti ja sillä pyritään löytämään virheitä ja puutteita kantavista tai ei-kantavista rakenteista. Suurennuslasin alla ovat etenkin vaativat rakenteet suurissa yleistiloissa. [1.]

Rakennuksen kuntoon on voinut vaikuttaa rakennuksen ikääntyminen, käytön kulutus sekä mahdolliset epäkohdat suunnittelu- tai toteutusvaiheessa. Maallikon on vaikea huomata epäkohtia rakenteissa, jos rakenne on piilossa tai rakenne näyttää päällisin puolin hyvältä, mutta on rakennettu väärin tai puutteellisesti. Epäkohtien huomiointiin ei riitä, kun ei välttämättä ymmärretä, kuinka rakennuksen tulee toimia ja kuinka vakavasti asiaan tulee suhtautua. [1.]

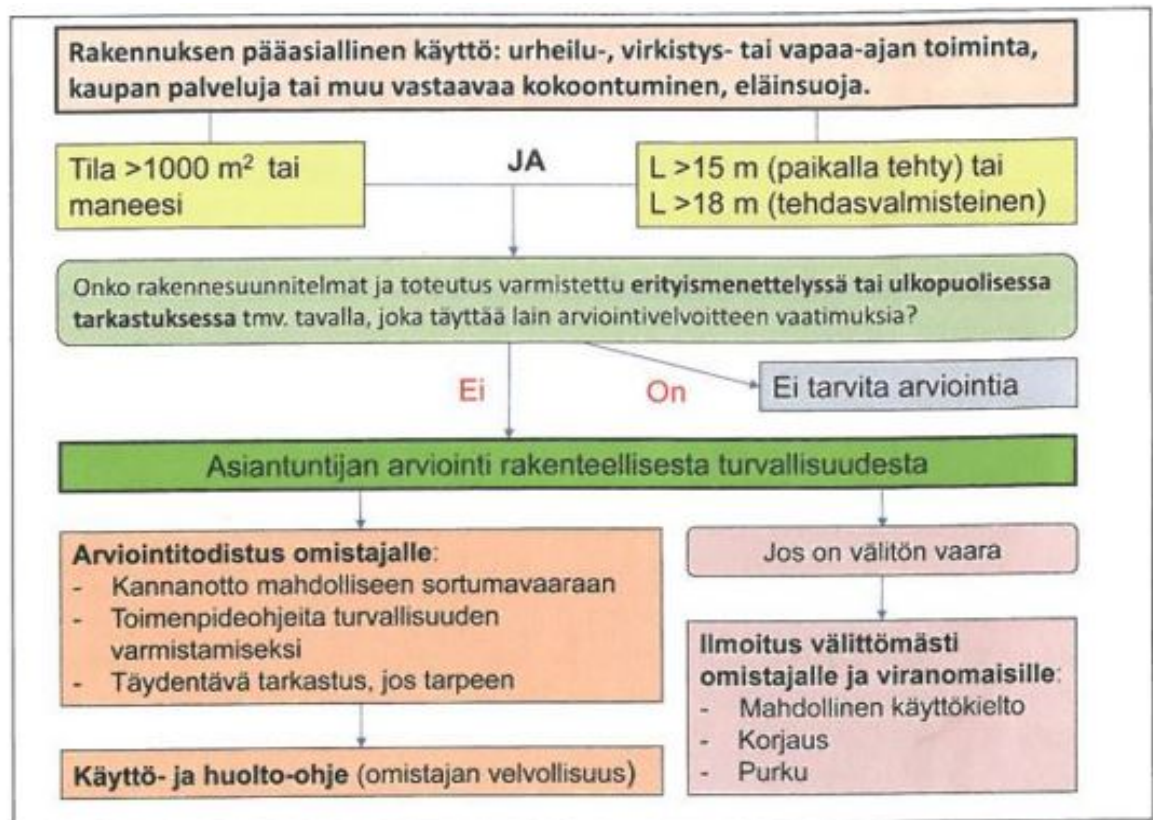
Rakennuksen kriittisiä kohtia ovat kantavien ja ei-kantavien rakenteiden kiinnitykset. Kiinnityksien on kestettävä rakennuksen kaikissa vaiheissa: rakennuksen suunnittelusta aina ylläpitoon asti. Tarkastustoiminnan tehtävä ei ole kiusata kiinteistöjen omistajia vaikkakin he voivat helposti kuvitella, että rakennuksen pysyttyä pystyssä jo monta vuotta sen luulisi pysyvän jatkossakin. Tarkastustoiminnan tarkoituksena on ensisijaisesti auttaa kiinteistön omistajaa ehkäisemään rakenteiden sortumasta aiheutuvia henkilövahinkoja. [1.]

2.2 Velvoitteet ja lakipykälät tarkastustoimintaa koskien

Rakennuksen omistajan on tärkeää tutustua tarkastustoimintaan liittyviin säädöksiin sekä ohjeisiin. RIL 269-2015 Rakennusten rakenteellisen turvallisuuden tarkastusohje on kattava opus koskien hallien tarkastustoimintaa jossa on käyty läpi lakisääteisen

rakenteellisen turvallisuuden arvioinnin pääkohdat (Kuva 1). Tarkastustoiminnan päätehtävä on parantaa laajarunkoisten rakennusten rakenteellista turvallisuutta.

”Rakennuksen omistajan tulee huolehtia muun muassa siitä, että lain vaatimukset koskien rakennuksen turvallisuutta ja terveellisyyttä täyttyvät (MRL 166 §, 2. mom.). Rakennuksen omistajan on seurattava rakennuksen kantavuuden kannalta keskeisten rakenteiden kuntoa” (MRL 166 §, 5 mom., lisäys 1.4.2015) [1.]



Kuva 1. Lakisääteisen rakenteellisen turvallisuuden arvioinnin pääkohdat [1.]

”Arvioinnin tulee kohdistua kantavuuden kannalta keskeisiin rakenteisiin. Laki edellyttää tämän arvioinnin tekemistä vain kerran. Arvioinnin tulee olla tehty joko kahden tai neljän vuoden sisällä riippuen rakennushanketyypistä. Lakia ei sovelleta rakennuksiin, joiden kantavien rakenteiden toteutuksen vaatimustenmukaisuus on varmistettu erityismenettelyssä tai ulkopuolisessa tarkastuksessa tai muulla vastaavalla tavalla, joka täyttää lain arviointivelvoitteen vaatimukset.” [1.]

2.3 Kelpoisuusvaatimukset

Mikäli rakennus kuuluu maankäyttö- ja rakennuslain piiriin (kohta 2.2), tulee rakennuksen omistajan huolehtia siitä, että rakennuksen laajarunkoisen osan rakenteellinen turvallisuus on arvioitu asiantuntijan toimesta. Asiantuntijalla on oltava vaaditut pätevyudet. On huomioitava suunnittelutehtävän haastavuus, koska vaativampien suunnittelutehtävien kohdalla vaaditaan paremmat pätevyudet.

Poikkeuksellisen vaativassa suunnittelutehtävässä edellytetään kyseiseen suunnittelutehtävään soveltuvaa, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettua ylempää korkeakoulututkintoa sekä vähintään kuuden vuoden kokemusta vaativista suunnittelutehtävistä.” *Vaativassa suunnittelutehtävässä edellytetään kyseiseen suunnittelutehtävään soveltuvaa, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettua korkeakoulututkintoa, aiempaa ammatillisen korkea-asteen tutkintoa tai sitä vastaavaa tutkintoa sekä vähintään neljän vuoden kokemusta tavanomaisista suunnittelutehtävistä ja vähintään kahden vuoden kokemusta avustamisesta vaativissa suunnittelutehtävissä.” [1.]*

2.4 Vaativuuden määrittely kohteen osalta

Kantavien rakenteiden suunnittelutehtävät jaetaan vaativuuden osalta kahteen osaan, joko *vaativaan* tai *poikkeuksellisen vaativaan*. *Poikkeuksellisen vaativia* kohteita ovat esimerkiksi suuren jännevälin omaavat rakennukset, kuten stadionit tai jäähallit, joiden jänneväli on yli 25 metriä tai, paikalla jännitetyt vaativat erikoisrakenteet tai jännitetty vaativa esivalmistettu rakenneosa, joka ei ole sarjavalmistainen betonielementti. *Vaativaa suunnittelua* kohdistuu rakennuksiin, joissa on enemmän kuin kaksi kerrosta, jotka ovat kooltaan vähintään 300 m², joissa kantavien rakenteiden jänneväli on vähintään 6 metriä tai jotka ovat hallimaisia ja joissa jänneväli on yleensä enintään 25 m tai jotka ovat huomattavan korkeita. [1.]

2.5 Tarkastusmenettelyn eteneminen

Tarkastusmenettely voidaan suorittaa joko oma-aloitteisesti tai lakisääteisenä laajarunkoisen rakennuksen rakenteellisen turvallisuuden arviointina. Jos todetaan, että rakennus kuuluu lakisääteisen arvioinnin piiriin, tulee kiinteistönomistajan valita rakennuksen

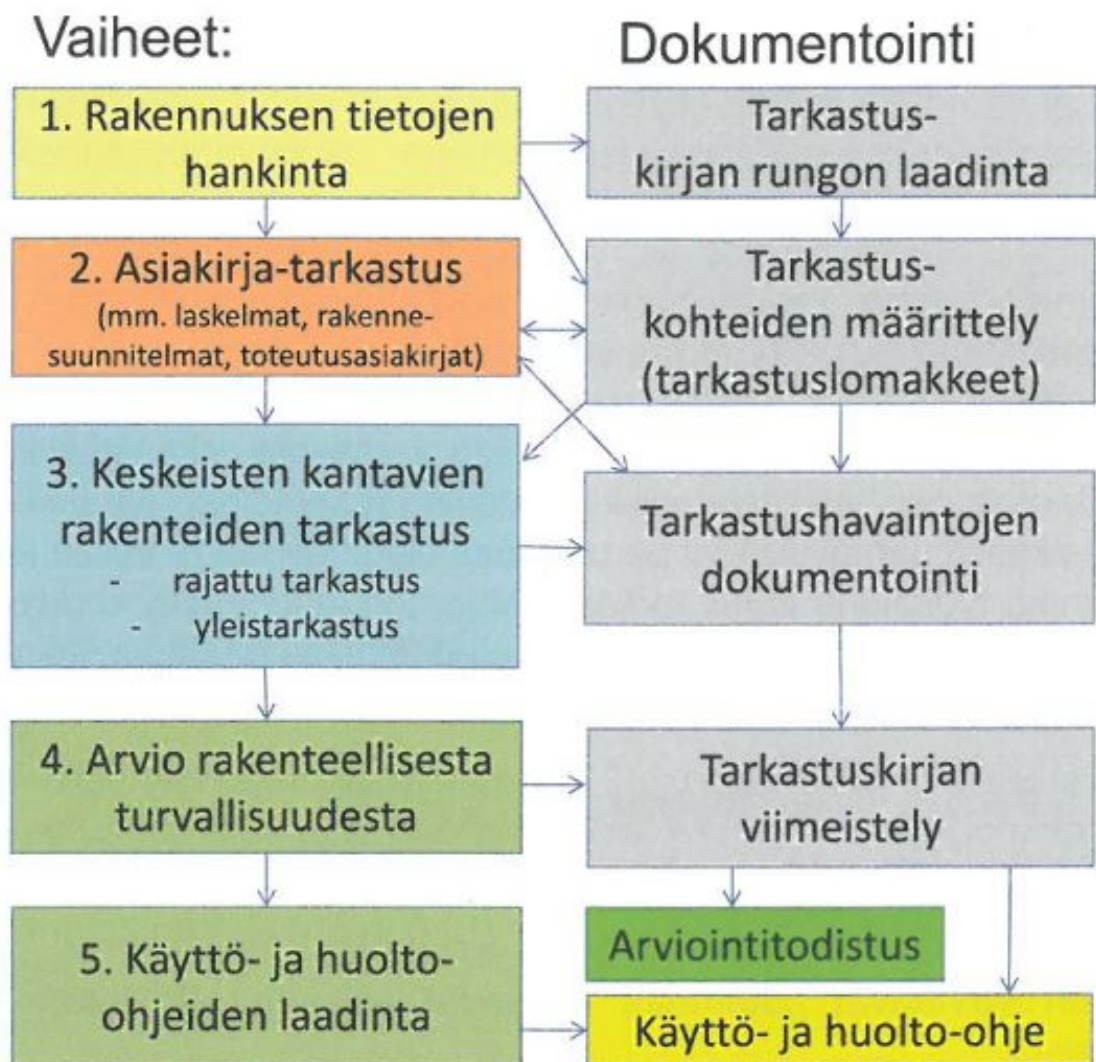
tarkastukseen rakennesuunnittelun asiantuntija. Asiantuntijalla tulee olla vaaditut pätevyudet ja kokemusta kohteen vaativuuden mukaan. Asiantuntijan pätevyyden voi tarkastaa FISE Oy:n pätevyysrekisteristä (www.fise.fi) [1.]

Asiantuntijan ensimmäinen tehtävä tarkastuksessa on varmistaa kantavien ja tarvittaessa ei-kantavien rakenteiden kunto. Kyseessä on arviointitasoinen tarkastus keskeisiin rakenteisiin ja suunnitelmiin. Tarkastuksessa tulee keskittyä rakennuksen rakenteelliseen toimintaan kokonaisuutena, kantavien pystyrakenteiden kriittisiin kohtiin, kantavien vaakarakenteiden kriittisiin kohtiin, kriittisiin stabiloiviin rakenteisiin, jatkuvan sortuman mahdollisuuden havaitsemiseen ja kriittisiin liitoksiin. Tarkastuksessa on todettava, että kaikki kuormat siirtyvät kantavien pysty- ja vaakarakenteiden avulla turvallisesti perustuksille. [1.]

Asiantuntijalla on oltava pääsy kohteen suunnitelmiin. On myös hyvä selvittää, millä tavalla hanke on toteutettu eli onko se tehty kokonaisurakkana, suunnittele ja toteuta -urakkana vai projektinjohtourakkana. On hyvä kuulla, kuinka hyvin hanke on lopulta toteutunut. Tietojen saaminen voi olla hyvinkin haastavaa. Kyselemisen voi aloittaa asiakkaalta, kunnan rakennusvalvontaviranomaisilta ja alkuperäiseltä rakennesuunnittelijalta. Tiedot voivat olla ajan saatossa hävinneet tai tuhoutuneet. Olemassa olevista laskelmista käydään läpi niiden paikkansa pitävyys ja on myös otettava huomioon, minkä normien mukaan laskelmat on alun perin tehty. [1.]

Lakisääteisessä tarkastuksessa ei veloiteta tarkastamaan mahdollisia muita riskitekijöitä kuten lasirakenteet, katokset, ripustetut alakatot ja julkisivurakenteet. Tarkastuksen jälkeen rakennetekninen asiantuntija laatii arviointitodistuksen eli arvion rakenteellisesta turvallisuudesta sekä mahdolliset toimenpiteet rakenteille. Mikäli asiantuntija toteaa, ettei arvio riitä, rakennukselle voidaan määrätä kuntotutkimuksia täydentävinä tarkastuksina. [1.]

Jos rakenteista löytyy puutteita, voidaan perustarkastuksen yhteydessä määritellä rakenteille seuranta-toimenpiteitä. Toimenpide voi olla esimerkiksi pistepilvikuvaus, jonka avulla voidaan tarkistaa esimerkiksi rakenteissa tapahtuvia muodonmuutoksia. Välittömän vaaran uhatessa valvojan tulee ilmoittaa asiasta myös viranomaiselle, joka voi ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin (esimerkiksi käyttökielto, korjausvaatimus, purkuväätimus). Rakenteellista turvallisuutta seurataan ja ylläpidetään erikseen laaditun käyttö- ja huolto-ohjeen avulla ja siinä määritetyillä toimenpiteillä, jotta päästään käyttö- ja huolto-ohjeisiin asti, tulee edetä kuten (Kuva 2). [1.]



Kuva 2. Rakenteellisen turvallisuuden arvioinnin vaiheet ja dokumentointi. [1.]

2.6 Työkalut tarkastustoiminnassa

Tarkastustoiminnassa tärkeimpiä apuvälineitä ovat kamera ja muistiinpanovälineet sekä erilaiset mittausvälineet. Isojen tilojen tarkastamiseen vaaditaan usein kalustoa, esimerkiksi nostimia, jotta rakenteita pääsee tarkastamaan lähietäisyydeltä. Hallit ovat hyvin laajoja, joten itse tarkastamiseen voi kulua paljon aikaa nostimen kanssa. Uuden teknologian myötä myös korjausrakentaminen on kehittynyt ja tarkastustoiminnassa on saatu hyödynnettyä radio-ohjattavia helikoptereita. Radio-ohjattavien helikoptereiden avulla on mahdollista päästä suureenkin kuvausotantaan huomattavasti lyhemmässä ajassa, jos vertaa esimerkiksi nosturilla kuvaamiseen. Nosturilla liikkuminen vaatii paljon tilaa, joten sillä liikkuminen ahtaisiin paikkoihin on hankalaa tai jopa mahdotonta. Tämän tyyppisissä tapauksissa kopterilennokki on parempi, koska lennokin lennättäminen ahtaisiin paikkoihin on mahdollista. [1]

Kopterilennokeissakin on omat huonot puolensa, jotka tulee tiedostaa ennen kuin halleja lähdetään kuvaamaan. Kopterilla ei esimerkiksi päästä kuvaamaan yläpuolisia rakenteita, paitsi jos on kyse kalleimmista kopterimalleista. Noin tuhat euroa maksavalla kopterilla ei päästä rakenteen päälle tai viereen. Kopterilennokkien akut ovat jokseenkin heikkoja, eivätkä ne pysty toimimaan pitkiä aikoja (noin 30 min mallista riippuen). Lisäakkujen käyttö on suositeltavaa. Nelikopterien muistikortit ovat rajallisen kokoisia, tällä hetkellä maksimissaan 64 Gt. Muistin määrä saattaa tuntua suurelta, mutta se voi täytyä nopeasti kuvanlaadun mukaan. Videokuvauksen laatu on parhaimmillaan 4K-laatua eli 4096x2160 pikseliä. Ennen kuvauspaikalle lähtöä on syytä tarkistaa, että muistikortissa on riittävästi vapaata tilaa.

2.7 Mahdolliset virheet ja puutteet, joita fotogrammetrialla voitaisiin huomata

Fotogrammetrialla voidaan huomata alimitoitettuja rakenneosia tai -liitoksia, jäykistykseen puutteellisuuksia, puuttuvia kantavia rakenne- tai liitososia sekä materiaalin laatu- puutteita. Myös rakenteen ikääntyminen aiheuttaa rakenteelle muodonmuutoksia kuten rappeutumista tai kulumista ja tämä voi vaikuttaa rakenteen kantokykyyn. Ikääntymisestä johtuvia seikkoja ovat myös teräsrakenteiden ja -osien korroosio, puun lahoaminen ja halkeilu, betonin haurastuminen ja halkeilu, raudoituksen korroosio sekä rakenteiden mekaaninen kulutus. [1.]

Tässä työssä virheet, joita voitaisiin julkisivun ja katon osalta kuvista tunnistaa, olisivat rakenteiden rappeutuminen ja kuluminen. Muodonmuutokset voitaisiin saada pistepilvellä selville esimerkiksi siirtyminen osalta.

3 Fotogrammetria

Tässä luvussa kerrotaan yleisesti fotogrammetriasta ja siitä millä tavalla saadaan tuotettua maastomalli fotogrammetrisin keinoin ja kuinka tietokone käsittelee kuvia eri lailla kuin ihminen. Aihe on pidetty tiiviinä, jolloin lukijan on helppo kysymysten herätessä, syventyä enemmän aiheeseen esimerkiksi Jesper Rantasen diplomityössä Ilmakomission laadunvalvonta fotogrammetristen pintamallien ja laserkeilausaineston avulla.

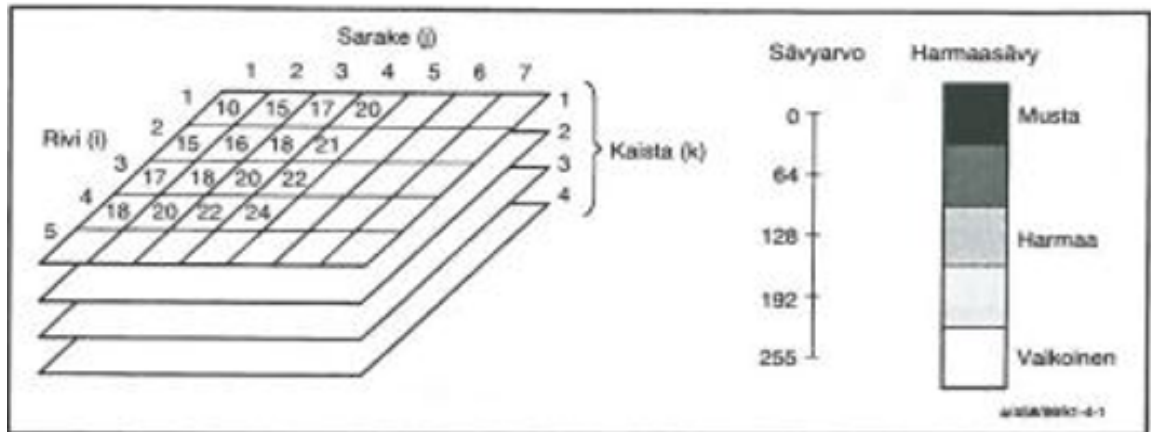
3.1 Mitä fotogrammetria on?

Fotogrammetria on kohteen kolmiulotteista mittausta kuvien avulla. Kohteen muotoja tai ominaisuuksia tutkitaan valokuvien avulla. Fotogrammetrian pääperiaate on määrittää kuvan ja kohteen geometrinen suhde sellaisena kuin se oli kuvanottohetkellä. [2.]

On mahdollista mitata kuvien kolmiulotteisia mittoja, jos kuvia on useita. Kuvaamisessa tarvitaan kahta koordinaatistoa, sekä kameran että kohteen omaa. Kameran koordinaatisto riippuu siitä, missä asennossa kamera on. Origo on kameran projektiokeskuksessa, xy-taso on kuvataso suuntainen ja koordinaatiston z-akseli osoittaa kuvanotto-suunnasta poispäin. Projektiokeskus vastaa kameran polttopistettä, jos kamera on fokusoitu äärettömyyteen. [3.]

Fotogrammetriaan tarvitaan kamera ja kuvakäsittelyohjelma lukemaan dataa, josta lopulta saadaan luotua pistepilvi. Fotogrammetriaan käy erikoiskamera tai tavallinen amatöörikamera, riippuen siitä, kuinka tarkkoja kuvia halutaan. Kuvat voivat olla uusia tai jopa vuosikymmeniä sitten otettuja. Kuvauksessa käytetään apuna ajoneuvoja tai miehittämättömiä ilma-aluksia, joiden avulla kuvaaminen onnistuu nopeammin kuin esimerkiksi laserkeilauksessa, jossa 3D-skannerit pitää viedä aina erikseen paikkoihin, missä skannaus halutaan suorittaa.

Fotogrammetriaa käytetään yleisimmin seuraavilla aloilla: topografia, arkkitehtuuri, tuotantotekniikka, laadunvalvonta, rikostutkinta ja geologia. Listasta voidaan huomata, ettei fotogrammetria rakentamisessa ole lyönyt vielä kunnolla läpi. [4.]



Kuva 3. ”Digitaalinen kuva koostuu ruudukoista sekä pikseleistä. Kuva tallennetaan numeerisena matriisina, jossa voi olla useita aallonpituuskaistoja (värejä)”. [5.]

Ihmisille sisällön tunnistaminen kuvista on helppoa, kun taas koneelle kuva on vain erisuuruisia numeroita (Kuva 3). Numerot voivat olla väliltä 0-255. 0 tarkoittaa pikimustaa ja 255 vitivalkoista. Yleensä fotogrammetrian tuloksena on kartta, piirustus, mitta tai 3D-malli tietystä kohteesta tai paikasta. [5.]

Fotogrammetrian voi jakaa kahteen osa-alueeseen, kaukaa otettuihin tai lähietäisyydeltä otettuihin kuviin. Kaukaa otetut kuvat on otettu lentokoneeseen asennetulla kameralla, joka on suunnattu kohtisuoraan maata kohden. Kamera ottaa useita päällekkäisiä (peitottuja) kuvia reitin varrelta. Näitä kuvia yhdistämällä saadaan koottua digitaalinen maastomalli. [6.]

Maastomalli on täynnä pisteitä, jotka kertovat käyttäjälle geometriatiedot x-, y- ja z-koordinaattien muodossa. Maastomalli auttaa kertomaan esimerkiksi maaston korkeuseroista. Kuvausta saattaa kuitenkin häiritä maassa oleva lumi taikka juuri pudonneet puiden lehdet. [7.]

3.2 Kuvaprosessointi

Kuvien käsittely vaatii fotogrammetriassa suurimman osa ajasta, vaikkakin prosessointi tapahtuu enimmäkseen automaattisesti tietokoneohjelman avulla. Tietokoneohjelman tehtävänä on yhdistää kuvat yhdeksi kuvablokiksi. Kuvablokki saadaan käsittelemällä digitaalisia kuvia, GPS- ja IMU-dataa. Kuvablokille saadaan kuvien tarkat sijainnit eli

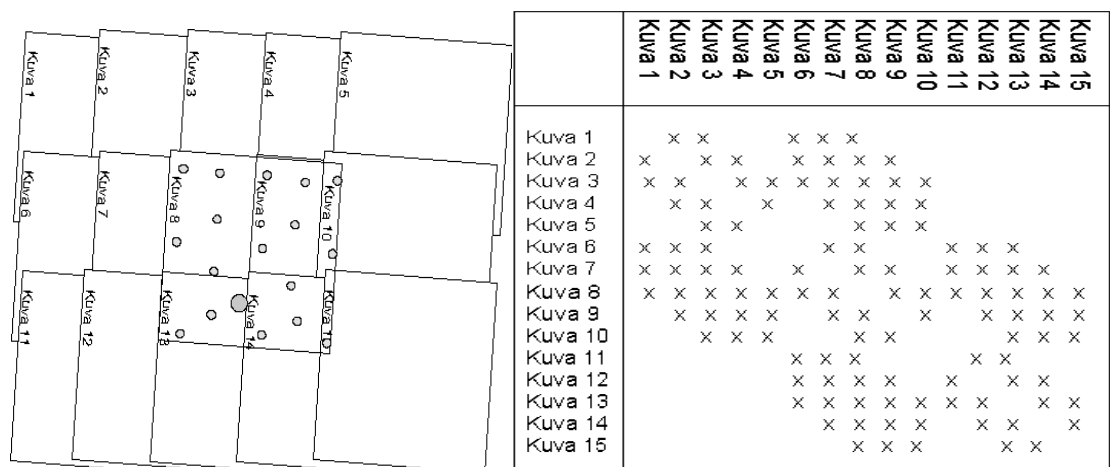
ilmakolmiointi, jossa uudelleen rakennetaan kuvaustilanne laskennallisesti. Satelliittipaikannusta voidaan käyttää kuvanottoaikojen likiarvoina ilmakolmiointissa. Projektiokeskusten koordinaatit ratkaistaan GPS-havainnoista WGS84-koordinaattijärjestelmässä. Muunnos paikalliseen karttakoordinaatistoon mitataan kuvauksen yhteydessä. [8.]

Esimerkiksi karttojen tulee koostua yhteneväiseksi kokonaisuudeksi yhdessä ja samassa koordinaatistossa. Maastoon on merkattu koordinaatiston runkopisteet, joihin saadaan liitettyä ilmakuvablokki. Rajauksen tulee tapahtua niin, että kaikki stereomallit ovat lähtöpisteverkon sisällä. Tämän jälkeen stereomallit yhdistetään toisiinsa ja lähtöpisteiden kautta kartoitusalueen koordinaatistoon omilla tukipisteillä. Ennen kuvauksiin ryhtymistä tulee lähtöpisteet tuoda esille siten, että ne näkyvät varmasti kuvissa. [8.]

Prosessoinnin tuloksena saadaan ortokuvamosaiikki sekä tarkka 3D-pintamalli. Kuvan tarkkuus voi parhaimmillaan olla senttimetrin luokkaa. Luotettavuuteen vaikuttavat kuvien laatu, lähtöpisteiden sijainti blokin alueella ja niiden tarkkuus. [9.]

3.2.1 Kuvablokki

Kuvablokki koostuu useamman kuvan muodostamasta kokonaisuudesta. Kuvien keskinäinen asema on tunnettu. Kuvien peittoamisalueella eli alueella missä kuvat menevät päällekkäin (Kuva 4) pystytään havaitsemaan kuvien välisiä kohdepiirteitä. Kohdepiirteitä ovat esimerkiksi pisteet tai yksiulotteiset käyrät tai kaksiulotteiset pinnat. [10.]

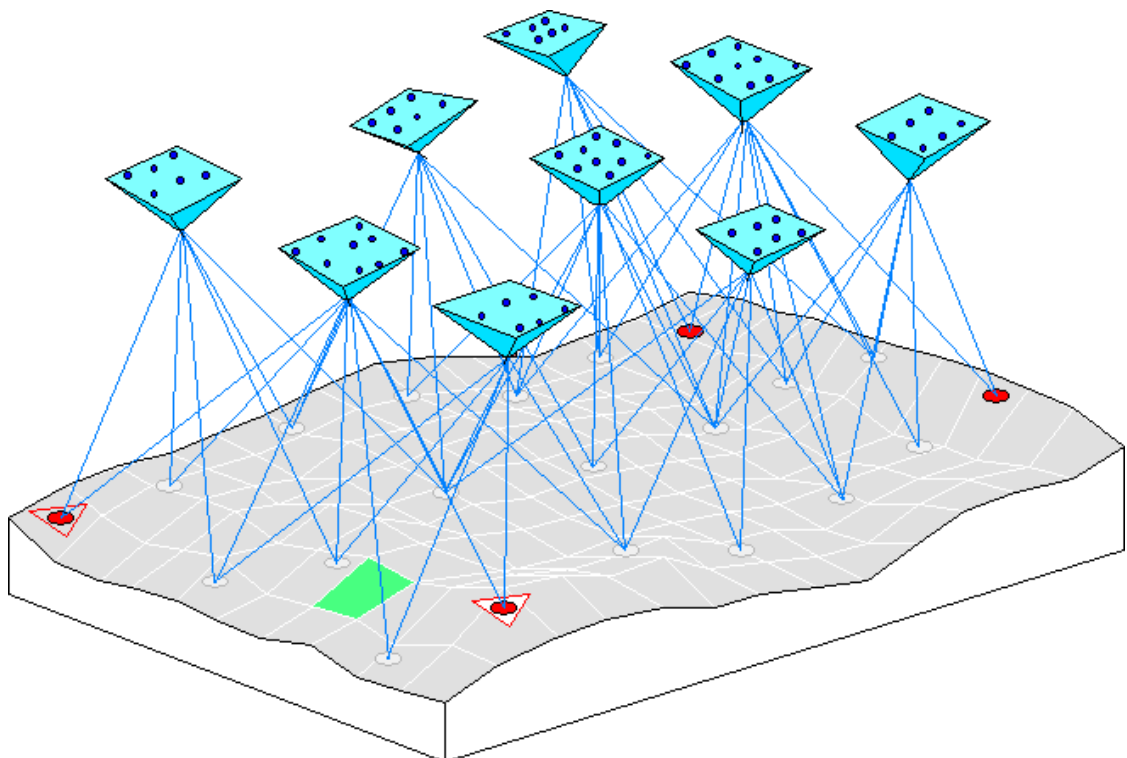


Kuva 4. Yhden kuvan kohdepisteet blokkissa sekä kuvien väliset liitokset. [10.]

3.2.2 Ilmakolmiointi

Ilmakolmiointilla annetaan ilmakuvajoukon sijainti- ja asematiedot. Kolmiointi tapahtuu blokissa ja blokin kuvat liitetään samanaikaisesti toisiinsa. Kuvien pisteiden tarkkuus riippuu siitä, kuinka hyvin kuvat liittyvät geometrisesti toisiinsa. Lisäämällä yhteisiä pisteitä voidaan tarkentaa blokin geometriaa. Kuvahavaintojen tarkkuus paranee sitä enemmän, mitä tarkempi yksittäinen kolmiointipiste on. [10.]

Tavallisesti mittauspisteet signaloidaan ja havainnot tehdään 2D havaintoina suoraan kuvilta. Signaloinnilla varmistetaan myös se, että kaikilla kuvilla havaitaan samoja pisteitä (Kuva 5). Blokin geometriaa pystytään parantamaan, jos käytetään hyväksi kohdekoordinaatteja, jotka saadaan kun suoritetaan kolmiointi suoraan kohteen koordinaatistoon. Kolmiointilla voidaan määrittää kameran sisäiset orientointitiedot, kameravakio, pääpisteen paikka kuvalla ja linssivirheet. Edellytyksenä on, että blokin geometria on hyvä. Esimerkkejä kolmiosovelluksista ovat stereokartoituksen tukipisteiden mittaus, kiinteistörajojen rajamerkkien mittaus, muodonmuutosmittaukset teollisissa sovelluksissa ja kamerakalibroinnit. [10.]



Kuva 5. Ilmakolmiointi [10.]

3.2.3 Signalointi

Tarkoituksena on tuoda esille pisteet, jotka erottuvat selvästi muista kuvan pisteistä. On olemassa erityyppisiä signalointimuotoja. Yksi yleisimmistä on ristiksignointi. Yleensä ristiksignaalit ovat mattapintaisia, valkoisia ja kooltaan noin 100x600 mm. Signaalit tulee rakentaa niin, että kiintopistemerkkit ovat signaalien ympärillä ja signaalit ovat kiinni kiintopistemerkkeissä kierrepulteilla. Signalointia voidaan parantaa, kun kohteet värjätään erilaisiksi kuin ympäristö. Signaloinnissa kontrasti maan ja signaalin välillä täytyy olla tarpeeksi erottuva. Esimerkiksi asfaltti, kivet tai hiekka eivät muodosta tarpeeksi suurta kontrastia. [10.]

3.3 Virheiden huomiointi

Kuvausvirheet ja poikkeamat fotogrammetriassa johtuvat maan kaarevuudesta, eri lämpöisten ilmakerrosten rajapinnoista ilmakehässä ja kameran linssin aiheuttamista virheistä. Myös ilmakuvakameran kallistukset akselin ympäri aiheuttavat systemaattisen sijaintivirheen raakadataan. [12.]

4 Pistepilvi fotogrammetrian avulla

Ilmakuvausdatan käsittelyprosessi vie huomattavasti enemmän aikaa kuin kohteen kuvaaminen. Myönteistä on, ettei käsittelyä tarvitse tehdä itse vaan tietokone hoitaa suurimman osan työstä. Tietokoneelle voidaan syöttää komentosarja, jonka jälkeen kone hoitaa laskennan.

Yleisimmin pistepilvi saadaan laserkeilauksen tuloksena. Tässä työssä pistepilvi saatiin fotoskannauksen ja fotogrammetrisen jälkimuokkauksen jälkeen. Laserkeilaus ja fotogrammetria eroavat toisistaan etenkin kuvan tarkkuudessa sekä pisteiden määrässä.

Pistepilvi kohteen osalta saadaan yhdistämällä tietokoneohjelman avulla otettuja kuvia (Kuva 6), jolloin kuvista tulee yhteneväinen blokki. Kuvablokki kattaa koko kuvausalueen kuvayhdistelyn jälkeen. Kuvatarkkuutta saadaan parannettua signaalipisteiden avulla. Tällöin pistepilvi saadaan myös liitettyä ulkoiseen koordinaatistoon.

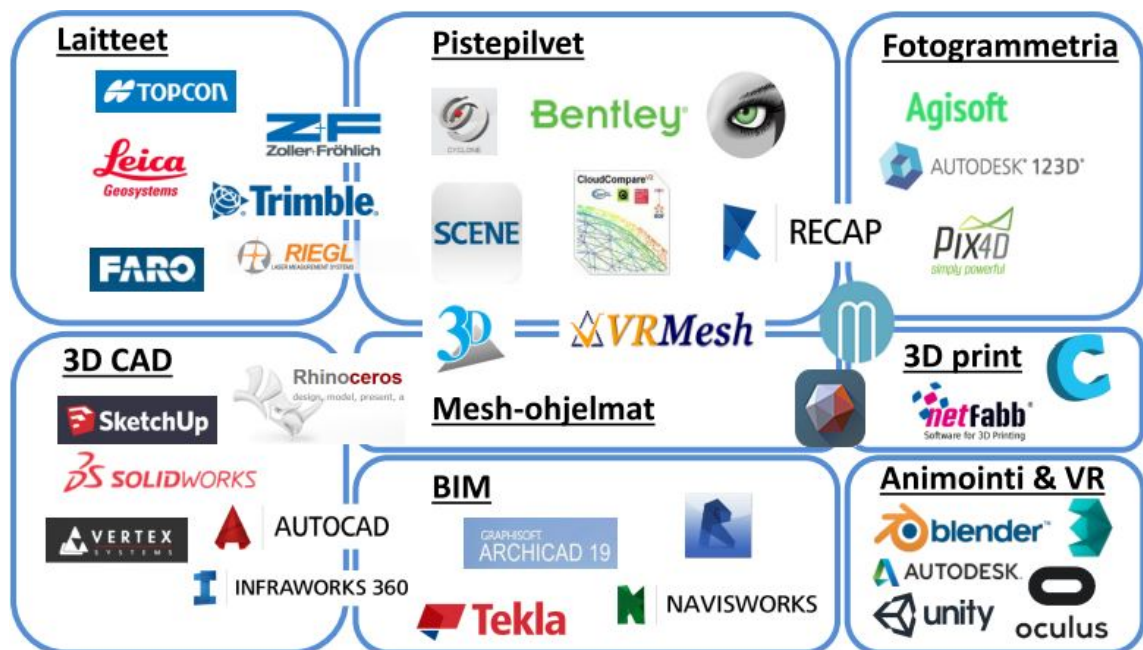


Kuva 6. Kuvien kääntyminen pistepilveksi

4.1 Pistepilven käsittely

Ohjelmia pistepilven käsittelyyn on olemassa runsaasti (Kuva 7.) ja valinta tehdään sen perusteella, mihin tarkoitukseen pistepilveä käytetään. Pistepilven hyödyntämiseksi vaaditaan käsittelyohjelmia, jotta aineistosta saadaan haluttua informaatiota. Käsittelyohjelman valinta voi riippua siitä, millä tavalla pistepilviaineisto on tuotettu: onko pistepilvi jatkokäsittely fotogrammetrialla vai saatu laserkeilaamalla.

Käsittelyohjelmissa on monta eri työkalua, joiden käyttö vaihtelee paljon eri ohjelmistovalmistajien välillä. Hankaloittaakseen käsittelyohjelman valintaa valmistajat ovat pilkkoneet omat ohjelmansa pieniin osiin, jolloin suunnittelija voi joutua hankkimaan monia eri ohjelmia samalta valmistajalta. Hyvin yksinkertaisiakin ohjelmia on saatavilla. Näiden ominaisuudet on yleensä rajattu vain visuaaliseen tarkasteluun ja etäisyyksien mittaamiseen. Suunnittelijan suunnistusta pistepilviohjelmaviidakossa helpottaa se, että suurin osa valmistajista antaa ilmaista kokeiluaikaa, joka mahdollistaa ohjelmien ominaisuuksien tarkemman tarkastelun.



Kuva 7. Eri ohjelmat ja niiden tarkoitus [13.]

4.2 Pistepilvien tiedostomuotoja

Käsittelyohjelmien tiedostomuotoja on paljon, yleisimpiä tiedostomuotoja ovat esimerkiksi XYZ File, SVY File, PTS File ja PTX File. Kuvien käsittelyn jälkeen harjoitustyön kohteen pistepilvi saatiin PTS-tiedostona. Tiedoston koordinaatit ovat numeerista muotoa, kun tiedosto avataan Windowsin muistio-ohjelmalla (Notepad).

Taulukko 1. Pistepilven koordinaatit muistiossa

Tiedosto	Muokkaa	Muotoile	Näytä	Ohje
9601170				
-27.948918	-14.374209	39.493587	117 114 117	126
-27.852226	-14.421102	39.631056	59 56 59	68
-27.896034	-14.516831	39.490549	102 100 103	110
-27.866475	-14.408468	39.723003	60 56 61	69
-27.914566	-14.511175	39.504864	54 51 54	63
-27.913234	-14.508982	39.483892	90 87 90	99
-27.885840	-14.416093	39.552815	96 94 97	105
-27.876245	-14.422281	39.701781	59 56 60	69
-27.954801	-14.382760	39.498706	80 77 80	89
-27.910400	-14.519633	39.504245	54 51 54	63
-27.972227	-14.391661	39.503055	60 56 61	69
-27.910086	-14.371764	39.577196	57 54 57	66
-27.958377	-14.378789	39.492508	68 65 68	77
-27.916444	-14.526249	39.481883	80 77 80	89
-27.970970	-14.395052	39.485751	60 57 60	69
-27.903021	-14.372188	39.558443	119 116 119	128
-27.902525	-14.418314	39.543009	113 110 113	122
-27.857734	-14.401735	39.617831	60 57 60	69
-27.934522	-14.348455	39.526995	113 110 113	122

Yllä olevat (Taulukko 1) luvut kertovat pisteiden X-, Y- ja Z-koordinaatit. Koordinaattirivejä on siis yhtä monta kuin pisteitä pistepilvessä. Pisteitä pystytään poistamaan tiedostosta manuaalisesti, jos vain tiedetään haluttujen pisteiden koordinaatit.

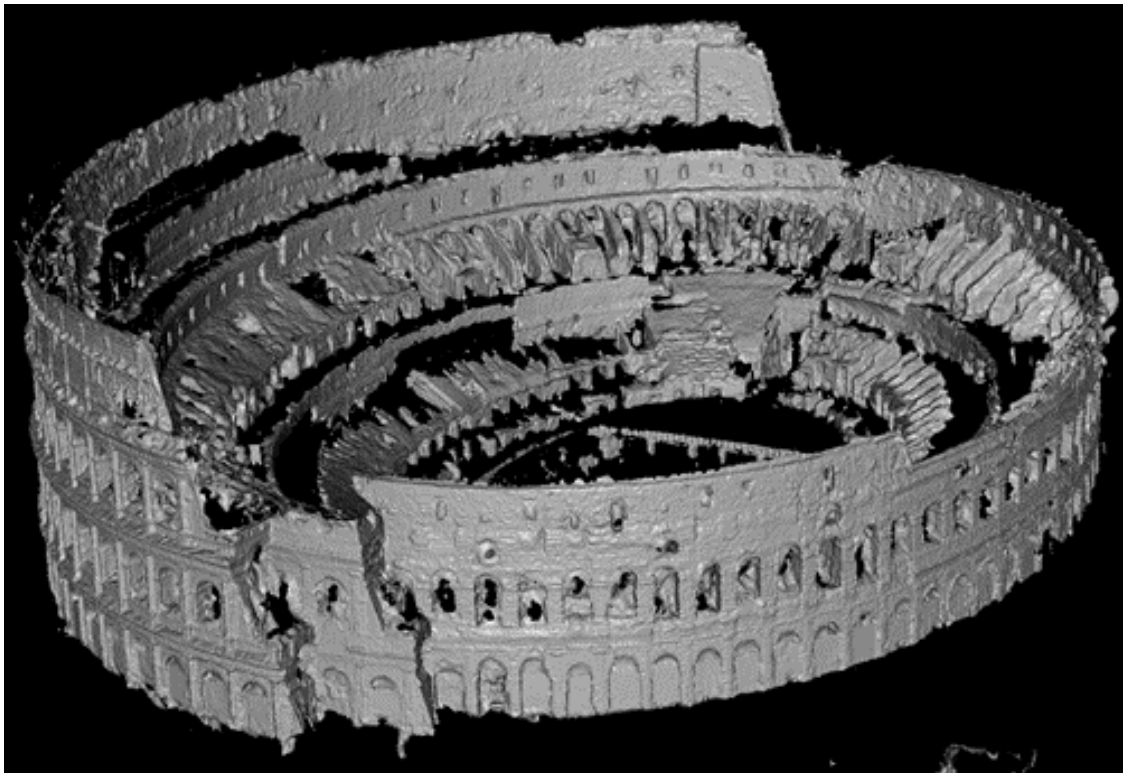
4.3 Kuvien käsittely

Erilaisia kuvankäsittelyohjelmia on kymmeniä ja niiden ominaisuudet vaihtelevat suuresti käyttötarkoituksen mukaan. Jotkut pistepilviohjelmat ovat keskittyneet maanmittaukseen ja osa lähikuvaamiseen. [6.]

Laserkeilauksella tuotettuihin pistepilviin keskittyneitä ohjelmia ovat Bentley Descartes, Pointools, RealityCapture, FARO Scene, Trimble RealWorks, Leica CYCLONE, PointSense, PointCab, ReCap, RevLib ja Scalypso. Fotogrammetrialla tuotettuihin pistepilviin keskittyneitä ohjelmia ovat Bentley ContextCapture, RealityCapture, Agisoft Photoscan, metigo 3d, 123D Catch, Pix4mapper, DroneMapper, Photomod. [14.]

4.4 Pistepilviohjelmien ominaisuuksia

Pistepilviohjelmien ominaisuuksissa on eroavaisuuksia. Jos kyseessä on laserkeilauksella tuotettu pistepilvi, saadaan siitä enemmän informaatiota kuin fotogrammetrialla tuotetusta pistepilvestä. Tyypillisin fotogrammetriaohjelman suorittama prosessi on pintamallin luominen pisteiden avulla (*meshing*) (Kuva 8). Toinen yleinen prosessi on skannausten yhdistäminen samaan koordinaatistoon yhdeksi kokonaiseksi pistepilveksi, joka voidaan tehdä ilman tähyjä tai tähyjen kanssa (*registration*). [14.]



Kuva 8. Mesh -malli amfiteatterista (Mesh Model) [15.]

Toimenpiteitä, joita voidaan suorittaa laserskannauksen tuloksena, ovat pistepilven eri pisteiden värjääminen (*coloring*), still-kuvien lisääminen pistepilveen (*texturing*),

maanmittaustietojen hyödyntäminen ja tarkkan 3D-kartan luominen niiden avulla (*orthographic projection*) ja ei-haluttujen pisteiden poistaminen. [14.]

5 Testikohde

Tässä luvussa kerrotaan kohteesta ja kuinka kohteen kuvauttaminen suunniteltiin ja millaisella kalustolla kuvaaminen tapahtui. Luku antaa tietoa miehittämättömästä ilma-aluksesta ja mitä annettavaa ilma-alukseen liittyvällä sovelluksella on. Luvussa kerrotaan myös mitä havaintoja tehtiin lennätyksen aikana, mitä tulee ottaa huomioon, että saadaan mahdollisimman hyvä kuvaustulos.

5.1 Kohteen tiedot

Testikohteena on autoalan vähittäismyymälä Espoossa (Kuva 9). Rakennusta on laajennettu askel askeleelta. Ensimmäinen osa valmistui vuonna 1978, lisäosat vanhaan rakennukseen valmistuivat 1998 sekä 2015. Vuonna 1998 rakennukseen tehtiin autojen huoltotilat ja 2015 rakennukseen lisättiin myymälä, jossa pääsisäänkäynti sijaitsee. Rakennuksen käyttötarkoitus on autoalan vähittäismyymälä. Rakennuksen tyyppinä on halli, jonka koko on noin 5000 m².

Rakennuksen jäykistysjärjestelmänä on käytetty mastopilarijäykistystä. Materiaalina on käytetty teräsbetonia ja runkojärjestelmänä on pilari-palkkirunko. Pilari-palkkirungon päällä on TT-laatasto tai kantava profiilipelti, riippuen siitä, millä puolella hallia ollaan. Julkisivuelementtinä on käytetty pelti-villa-peltiä. Ripustetut rakenteet, kuten alaslaskettu katto, ovat materiaaliltaan kipsilevyä.



Kuva 9. Autoalan vähittäismyymälä

5.2 Suunnittelu

Kuvaamisen suunnittelu tapahtui kokouksessa viikkoa ennen itse kuvausta. Kokouksessa olivat läsnä korjausrakentamisen BIM-vastaava, geotekniikan mittaustyönjohtaja sekä geotekniikan työpäällikkö. Kokouksessa suunniteltiin kuvauksen ajankohta ja siihen käytettävät resurssit, mitä kuvataan ja miksi. Kokouksessa mietittiin myös kohteen laserkeilausta, mutta päädyttiin kustannussyistä fotogrammetriaan.

Kokouksen asialista:

- mitä kuvataan ja millä kuvataan?
- mitkä ovat resurssit, joita voidaan käyttää?
- millaisia projekteja on toteutettu aikaisemmin?
- kuinka aiemmat projektit onnistuivat?
- millaisella aikataululla edetään?
- mihin kuvat ja pistepilvi tulevat saataville?

Lentovalmistelut miehittämättömällä lentoaluksella eivät ole vaativia, etenkin kun kuvattaessa ei käytetty signaalipisteitä. Lentosuunnitelmaan ei mennyt juurikaan aikaa, koska kohde päätettiin lentää käsin, niin että tarvittavat osat saadaan kuitenkin kuvattua. Lentosuunnitelman määrittäminen laitteelle ei olisi ollut ajallisesti järkevää, koska ennen automaattista kuvauslentoa reitti on lennettävä läpi manuaalisesti. Yksinkertaisempien ja isompien alueiden ollessa kyseessä lentosuunnitelman määrittäminen laitteille olisi kannattavampaa kuvaamisen helpouden takia. Meidän kohteessamme pienet tuulenpuuskat ja tiukat käännökset vaikeuttivat lentoaluksen lennättämistä.

5.3 Kuvaaminen

Kuvaaminen tapahtui kesäkuun loppupuolella ja ajankohta pyrittiin valitsemaan niin, että se olisi sään puolesta mahdollisimman suotuisa miehittämättömän ilma-aluksen lennätukseen sekä itse kuvaamiseen. Valmistajan ohjeet kieltävät lennättämisen lumi- ja vesisateella, pilvisellä kelillä sekä kovassa tuulessa (tuulen nopeus ei saa ylittää 10 m/s). Lennättäjämme kuitenkin kertoi lennätysten onnistuvan, vaikka tuuli ylittäisi 10m/s. Tällöin laitetta täytyy lennättää käsin.

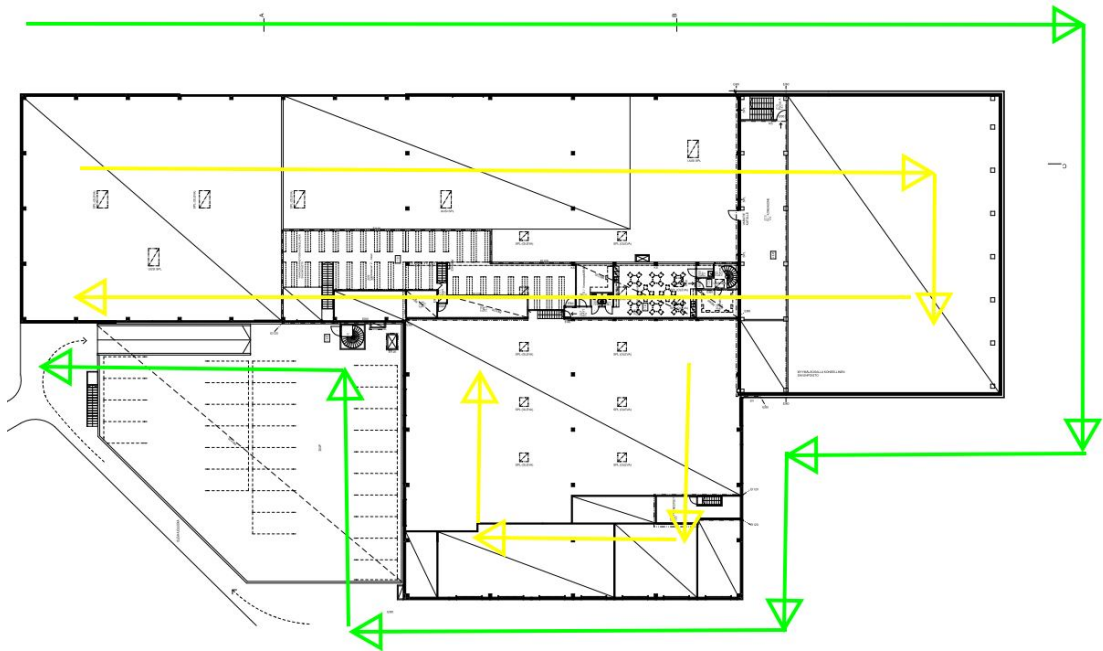
Lennätys tapahtui DJI Phantom 3 Professional -nelikopterilla (Kuva 10) ja kuvaaminen tehtiin nelikopteriin liitetyllä kameralla, josta saa parhaimmillaan 4K-kuvalaatuja sekä 12 megapikselin stillkuvaa. Nelikopterin ohjaaminen tapahtui kauko-ohjaimella. Rakennus kuvattiin kahdessa osassa. Kuvattuihin osiin kuuluivat rakennuksen julkisivu sekä katto. Rakennuksen suhteellisen laajasta koosta johtuen jouduttiin kuvaaminen suorittamaan kahdessa osassa ja lennokin akku vaihtamaan noin 25 minuutin kohdalla.



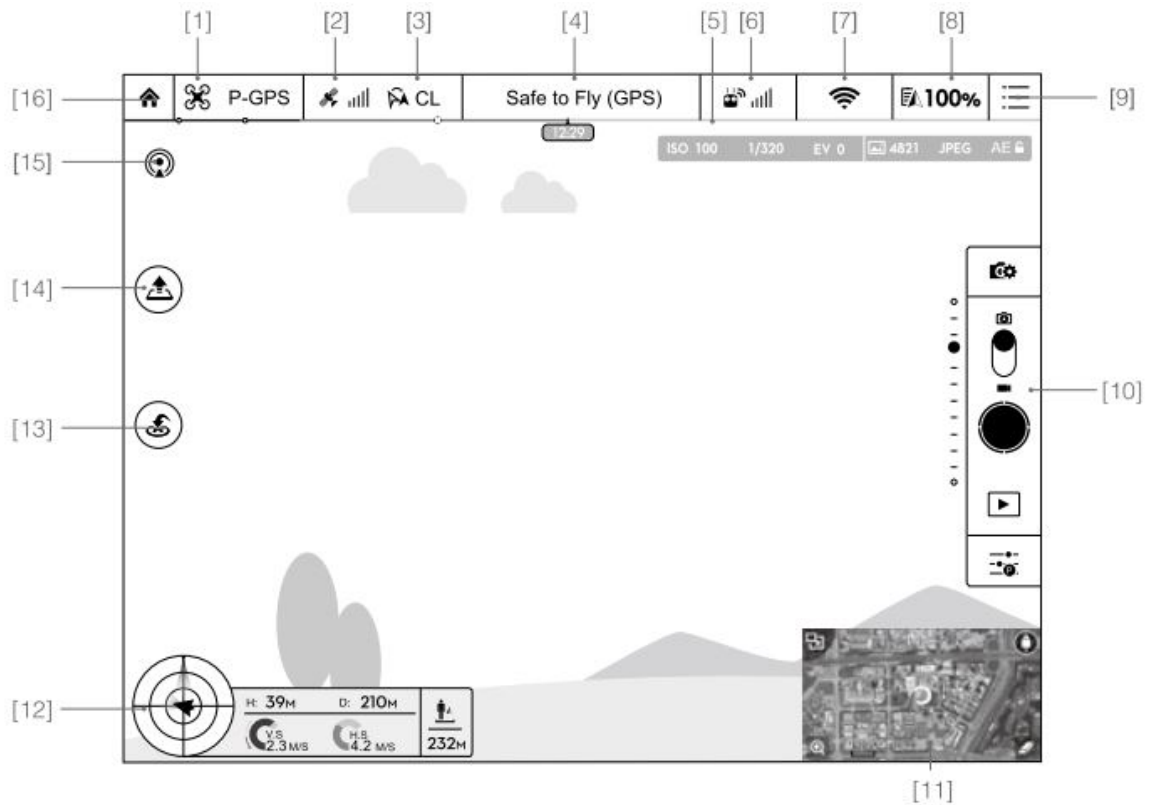
Kuva 10. DJI Phantom 3 Professional -nelikopteri [16.]

Kauko-ohjaimen oli mahdollista liittää oma mobiililaite eli joko puhelin tai tabletti. Toimintaetäisyys on enintään 500 metriä kun alus on 120 metrin korkeudessa. Ohjaimen akun kapasiteetti on 2600 mAh. [17.]

Ensimmäinen lennätys suoritettiin siten, että kamera kohdistettiin keskelle seinää, jolloin kuvaan mahtuisi osa kattoa sekä sokkeliä. Kuvaukseen pyrittiin tekemään tarpeeksi läheltä, jotta julkisivun mahdolliset epäkohdat saataisiin kuvaan mukaan. Vaikeuksia aiheutti rakennuksen takaseinä, koska seinän lähellä oleva lehvästö esti miehittämättömän ilma-aluksen pääsyn seinälle. Kyseinen seinä jäi siis kuvausalueen ulkopuolelle. Julkisivun jälkeen siirryttiin katolle, joka kuvattiin (Kuva 11) mukaisella reitillä. Tavoitteena oli saada koko katto kuvattua tarkasti.



Kuva 11. Kuvan vihreät nuolet kertovat ensimmäisen lennetyn reitin ja keltaiset nuolet kertovat jälkimmäisen reitin.



Kuva 12. DJI GO -sovelluksen näkymätiedot [17.]

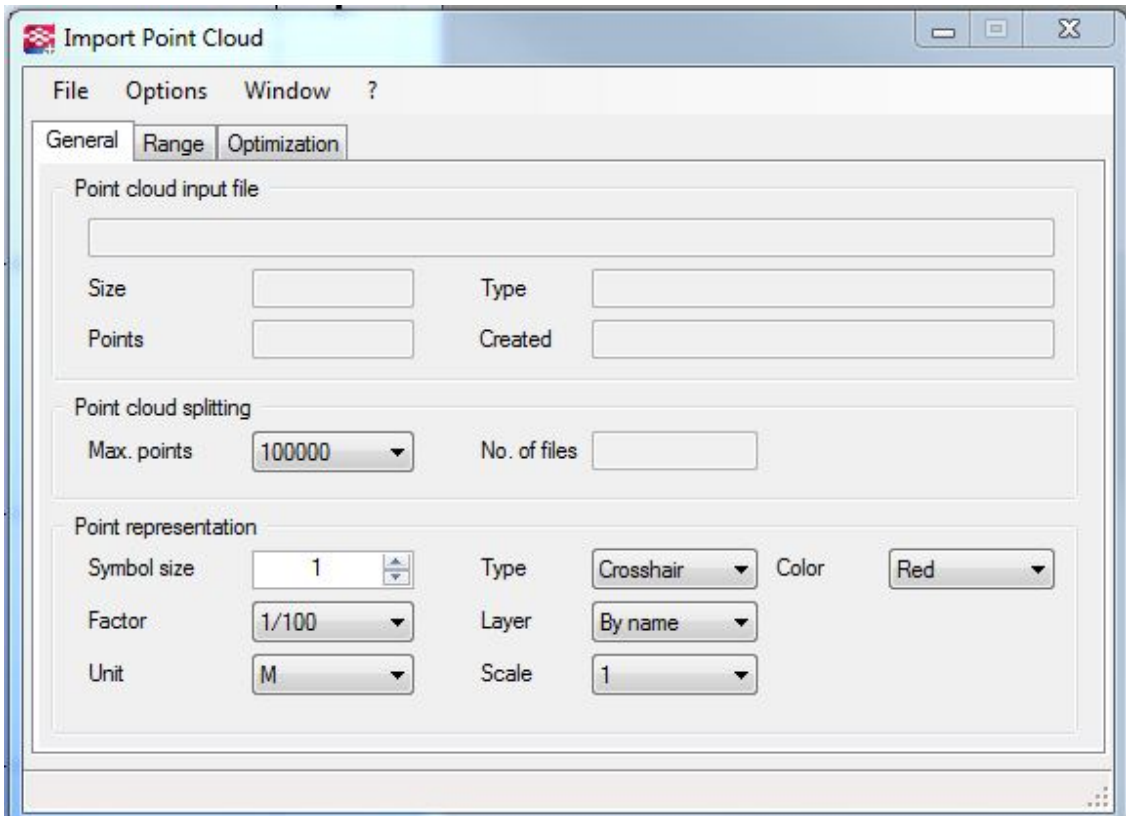
Tablettiin ja mobiililaitteeseen tulee asentaa DJI GO -sovellus, josta saadaan reaaliaikaista videokuvaa. Sovelluksen näkymätiedot (Kuva 12). [17.]

1. Lentotila (*Flight Mode*), jolla voidaan vaikuttaa lennon käyttäytymiseen esimerkiksi amatööritilassa. Tällöin ilma-alus ei voi lentää 30 metriä ylemmäksi taikka kauemmaksi. [17.]
2. GPS-signaalivahvuus, näyttää senhetkisen GPS-signaalin vahvuuden. [17.]
3. Järkevä suunnistuksen ohjaus (*Intelligent Orientation Control*), jonka avulla ilma-aluksen ohjaaminen on monipuolisempaa. [17.]
4. Systemin tilapalkki (*System Status Bar*) [17.]
5. Akun tila -indikaattori (*Battery Level Indicator*), osoittaa, koska lennokin akku on siinä pisteessä, että on aika lentää takaisin kotiin. Esim. keltaiselle alueelle tullessa lennokka alkaa hakeutua takaisin kotiin, ellei toisin käsketä. [17.]

6. Kauko-ohjaimen tila (*Remote Controller Signal*), näyttää kauko-ohjaimen signaalin vahvuuden. [17.]
7. Videon vastaanottosignaalin vahvuus (*Video Downlink Signal*), näyttää ilma-aluksen ja kauko-ohjaimen välisen videovastaanottosignaalin vahvuuden. [17.]
8. Akun tila (*Battery Level*), näyttää akun varauksen prosentteina. [17.]
9. Yleiset asetukset (*General Settings*), näyttävät asetukset koskien kameraa, karttaa ja videon välimuistia. [17.]
10. Kamerapalkki (*Camera Bar*), jossa kameran kuvaa painamalla saadaan säädettyä videoiden/kuvien resoluutiota ja kuvien kokoa. Mustaa palloa painamalla otetaan kuvia ja pallon yläpuolella on vaihdin, jolla saadaan valittua haluttu kuvaustapa. [17.]
11. Kartta (*Map*), näyttää ilma-aluksen senhetkisen sijainnin. Karttaa painamalla saadaan vaihdettua kameratilasta karttatilaan. [17.]
12. Lennon telemetria, (*Flight Telemetry*) jossa tutka kertoo havainnot muusta ympäröivästä lentoliikenteestä. Telemetriasta selviävät myös ilma-aluksen nopeudet sekä vaaka- että pystysuunnassa sekä se, kuinka korkealla ja kaukana ilma-alus on. [17.]
13. Palaa kotiin (*Return-to-Home*), palaa takaisin viimeisimpään tallennettuun kotipisteeseen. [17.]
14. Automaattisuus ja laskeutuminen (*Auto Takeoff/Landing*), aloittaa ilma-aluksen automaattisen nousun ja laskun. [17.]
15. Suorajakaminen (*Livestream*), lähettää videosyötteen suorana YouTubeen laitteen ollessa yhteydessä internetiin. [17.]
16. Takaisin (*Back*), palaa takaisin päävalikkoon. [17.]

6 Tulokset

Kohteen kuvauksen jälkeen mittaustyönjohtaja käsitteli videomateriaalin. Jonka jälkeen pistepilvi tuli saataville pilvipalveluun. Pistepilven käsittely tehtiin Tekla Structures x64 21.0 -versiolla. Tekla-ohjelma ei pysty vielä lukemaan pistepilvidataa ilman makroa, joten siihen oli asennettava Import Point Cloud -makro.



Kuva 13. Pistepilven käsittelytyökalu Tekla Structuresissa.

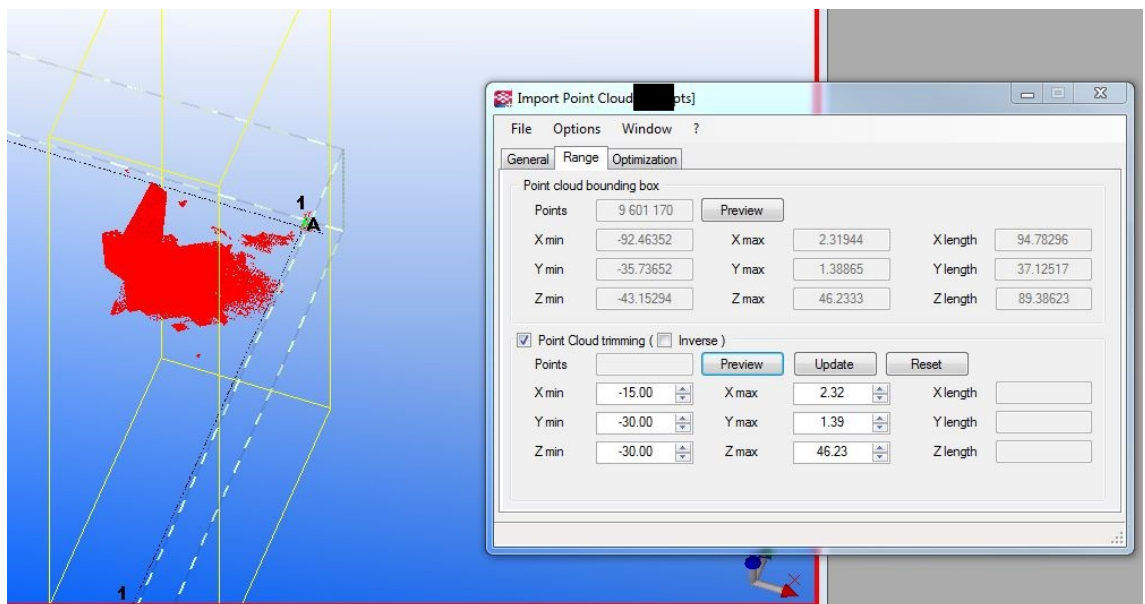
Import Point Cloud -makron (Kuva 13) avulla pystytään muokkaamaan pistepilveä. Sen avulla pystytään esimerkiksi tekemään aivan uusi pienempi ja kevyempi tiedosto. Tämä on lähes pakollista, jotta tiedosto pyörii vähänkin tehottomammalla tietokoneella. Import Point Cloud tallentaa myös vanhan tiedoston samaan kansioon.

Aluksi avataan haluttu pistepilvi (tämä voi viedä aikaa, riippuen siitä, kuinka suuri tiedosto on kyseessä), jonka jälkeen pistepilvi kannattaa optimoida haluttuun kokoon. Optimointiin kirjoitetaan arvo, kuinka harvakseltaan pisteitä halutaan pilvessä näkyvän (esim. luku 0.01 näyttää pisteet 10 mm välein). Tekla Structures luo optimoinnin jäl-

keen pistepilvestä uuden pilven, joka on alkuperäistä tiedostoa pienempi. Jos tiedostosta tulee liian pieni, esimerkiksi alle 30 000 MB, ei Tekla Structures suostu lukemaan pistepilveä.

No. of files -kohta kertoo, kuinka monta DWG-tiedostoa Import Point Cloud -työkalu tekee siihen kansioon, missä pistepilvi sijaitsee silloin kuin optimoidaan pistepilveä. Jos valitaan Max. points 100 000, tekee työkalu 97 tiedostoa valittuun kansioon ja tähän saattaa kulua aikaa.

Myös pistepilven pisteitä pystytään muokkaamaan erikokoisiksi, erimuotoisiksi, erivärisiksi sekä suhteuttamaan eri skaaloihin. Point Cloud Trimming -ominaisuuden (Kuva 14) avulla saadaan pistepilveä rajattua niin, että tarpeettomat kohdat jäävät piiloon. Point Cloud Trimming -ominaisuuteen syötetään koordinaatit, jolloin Tekla Structures luo annettujen koordinaattien perusteella keltaisen laatikon, jonka saa näkyviin Preview -ominaisuudella. Esikatselun jälkeen tiedosto tulee nimetä ja tallentaa uuteen kohteeseen. Tämän jälkeen Convert and Insert -työkalun avulla saadaan pistepilvi halutulle alueelle näkyviin.

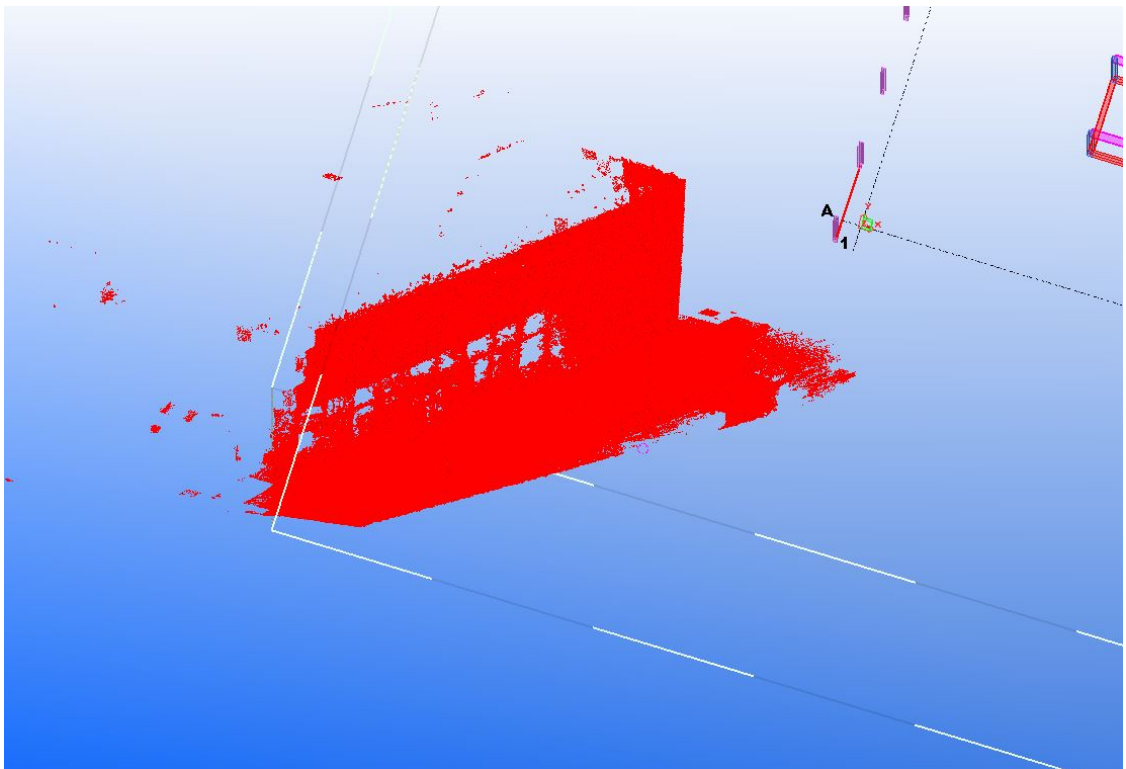


Kuva 14. Import Point Cloud -makron Trimming-ominaisuus.

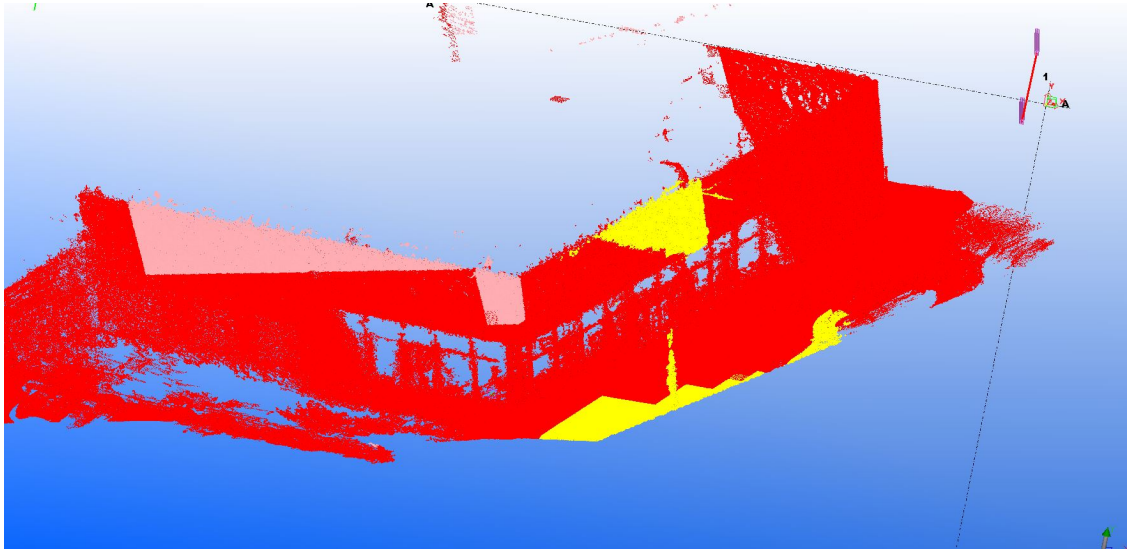
6.1 Pistepilven käsittely Tekla Structuresissa

Muokkaamisen jälkeen pistepilvi voidaan kytkeä päälle tai pois Tekla Structuresissa tyhjää näkymää tuplasti klikkaamalla. Esille saadaan View Properties -valikko, jonka jälkeen valitsemalla Display tulee esille lista niistä asioista, joita halutaan näkyville Tekla Structuresissa. Esimerkiksi pisteet, osat, pultit, reiät, hitsit, rakennuksen pinta, raudoitukset, käsittelypinnat, kuormat, leikkaukset, lisätyt materiaalit, komponenttisyömbolit, gridit, rakennusviivat sekä referenssitiedostot saadaan suodatettua näkyviin tai pois näkyvistä.

Pistepilveä ei pystytä suuremmin muokkaamaan Teklassa Structuresissa, mutta se tunnistaa cursorilla pistepilven eri pisteiden keskipisteen ja antaa näin ollen suunnittelijalle mahdollisuuden olla kosketuksissa pistepilven ja luoda uusia rakenteita ilman, että tarvitsee mallintaa uudestaan vanhoja rakenteita. Myös pistepilven siirtäminen onnistuu Move-työkalun avulla. Pisteiden etäisyys saadaan mitattua Measure Distance -työkalun avulla. Pistepilven tiedot saadaan Inquire Object -työkalun avulla.

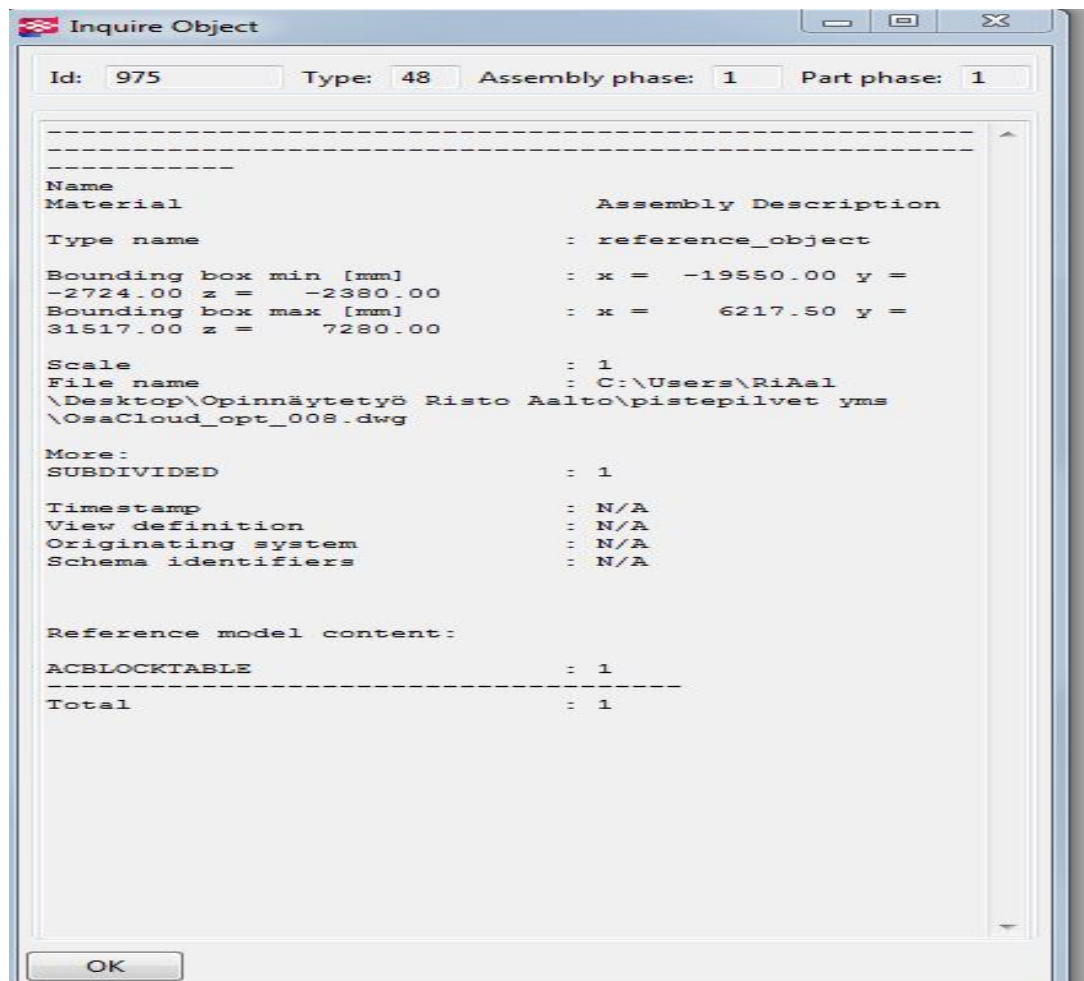


Kuva 15. Pistepilvi Tekla Structuresissa



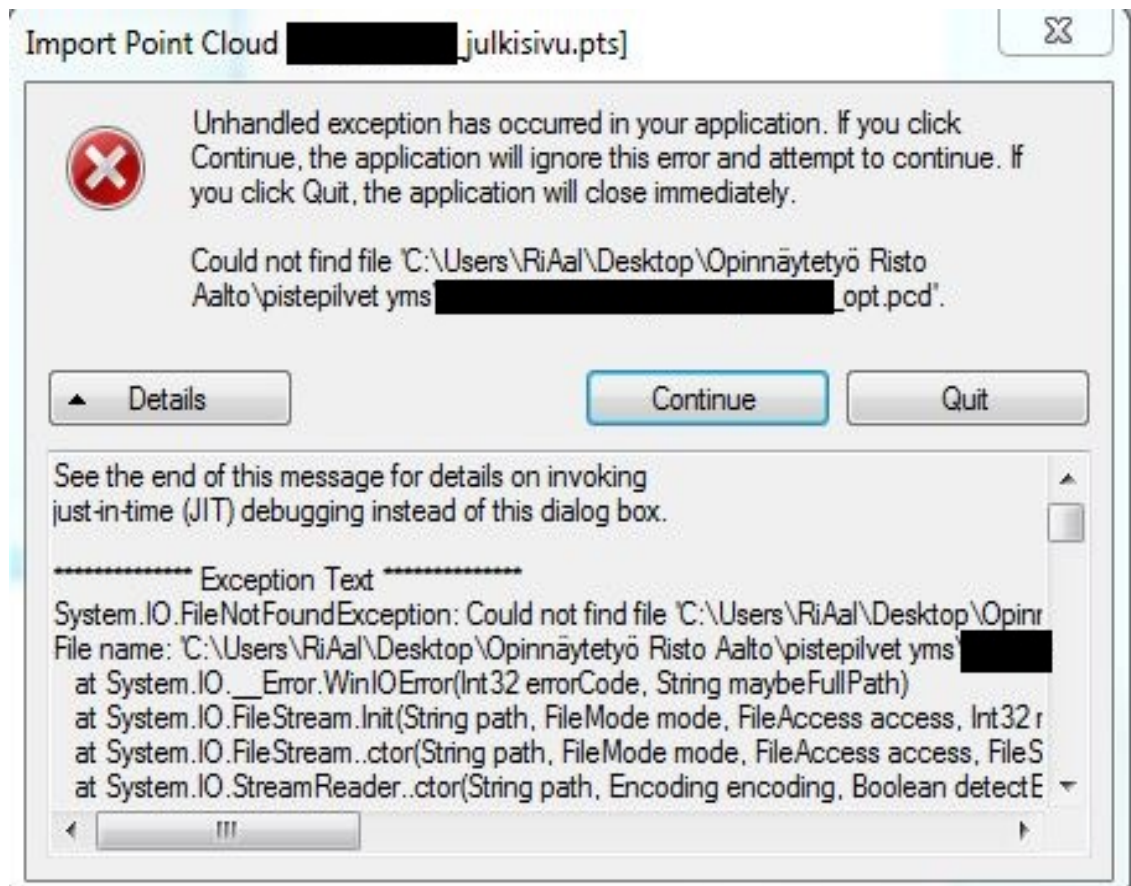
Kuva 16. Pistepilvi Tekla Structuresissa

Pistepilven saaminen Tekla Structuresiin onnistui, mutta jostain syystä Import Point Cloud ei suostunut pienentämään tiedostoa. Kuvattavan kohteen pistepilvi Teklassa (Kuva 15-16) oli suorastaan käyttökelvoton ja rakenteiden tunnistaminen mahdotonta. Tarkastustoimintaa silmällä pitäen vain miehittämättömän ilma-aluksen suorittama kuvaus pystyttiin hyödyntämään.



Kuva 17. Pistepilven tiedot Teklassa.

Inquire Object -työkalun avulla (Kuva 17) nähdään, että Tekla Structures tunnistaa pistepilven Assemblynä, mikä tarkoittaa, että objekti koostuu eri osista. Tässä tapauksessa kohde koostuu pisteistä.



Kuva 18. Teklan virheteksti, kun pistepilveä yrittää tuoda ohjelmaan.

Teklan pistepilven käsittelytyökalu ei aina toiminut parhaalla mahdollisella tavalla jolloin virhetekstejä ilmestyi (Kuva 18). Yhtenä ongelmana oli, että Tekla Structures ei pystynyt lukemaan liian pitkiä tiedostopolkuja ja tiedostopolun enimmäismitan huomattiin olevan 26 kirjainta.

Pistepilven muodostusprosessissa kannattaa olla yhteydessä sen tekijään, joka pystyy määrittämään esimerkiksi pistepilven sijainnin. Tässä työssä pistepilvi meni Tekla Structuresin koordinaatistossa miinuspuolelle. Jolloin tulisi ymmärtää, ettei pistepilvi tule näkyviin normaaleilla origon tiedoilla vaan jää origon ulkopuolelle.

6.2 Tarkastustoiminta kohteen osalta

Rakennuksessa on kolme osaa, joista ensimmäinen on valmistunut vuonna 1978. Tilojen käytyä ahtaaksi on tehty lisärakennuksia, joista vanhempi lisäosa valmistui vuonna 1998 ja uusin vuonna 2010. On nurinkurista, että uusimmasta lisärakennuksesta oli huonoiten piirustuksia saatavilla, kun taas vanhimmista löytyi kattavasti kuvia.

Paikan päällä huomioitavia seikkoja olivat pilarikonsolin ja palkin liitos, jossa huomiotavaa oli palkin ja pilarin epäkeskisyys. Palkki on joko alun perin tehty väärin tai palkki on ajan myötä taipunut ja liikkunut. Epäkeskisyys on kasvanut ja tuonut huomattavasti lisäkuormaa pilarille.

Hallin vanhalla puolella kattorakenteissa huomattiin poimulevyn siirtävän vaakasuuntaisia kuormia. Tämä nähtiin kovin heppoiseksi kannatinjärjestelmäksi. Myös katolla oltaessa oli huomattavissa, kuinka poimulevy oli alapuolelta lommahtaa. Vanhimman rakennuksen takaseinässä huomattiin kosteutta. Patolevyn mahdollinen osittainen puuttuminen perustuksista saattaa olla syy kosteuteen maanpainesseinissä. Seinistä näkyy, kuinka niitä on korjailtu jälkeinpäin.

Mahdollinen riskitekijä uudella puolella on kipsilevy-yläpohjan vajavainen asennus, joka saattaa pahimmassa tapauksessa johtaa kipsilevyjen romahtamiseen. Kipsilevyissä ei ole liikuntasaumaa, joten liikettä pääsee tapahtumaan lommahtamisen muodossa, jolloin kipsiä tippuu autojen päälle.

Huomioitavaa oli myös automaattioven kannatinjärjestelmän kiinnittäminen sekundääri-rakenteisiin. Kiinnitykset rakenteisiin olivat tehty heikosti, yhdessä kohtaa koko kannatinjärjestelmä oli yhden ainoan ruuvin varassa. Onneksi henkilökunta ymmärsi asian tärkeyden ja otti heti huoltomieheen yhteyttä.

Kyseisiä puutteita ei näy kuvatussa materiaalissa. Julkisivun tarkastelu kuitenkin onnistui kuvaamisen avulla ja huomattiin, että vikoja ei löytynyt. Kuvamateriaali oli hyvin tarkkaa, mistä tarkastelu onnistui huomattavasti helpommin ja nopeammin kuin nosturilla. Sisäpuoli olisi myös ollut hyvä käydä kopterilla kuvauttamassa, jolloin oli nähty vanhan hallin kaikkien yläpohjarakenteiden kunto. Nyt tutkimus kohdistui vain osaan rakenteita.

7 Pohdinta

Työn toteuttaminen sisälsi haasteita: millä tavalla myymälä tulisi kuvauttaa ja millainen budjetti siihen olisi käytettävissä? Myös monien työntekijöiden lomien osuminen päällekkäin harjoitustyön suorittamisen kanssa toi oman lisämausteensa opinnäytetyön tekoon. Työn suorittamisen ajankohta olisi voinut olla toinen, jolloin apua olisi ollut jatkuvasti saatavilla.

Työssä mietittiin aluksi hyödynnettävän laserkeilausta, mutta sen kustannukset olisivat olleet ainakin kolme kertaa kalliimmat johtuen laserkeilauksen hitaudesta ja siitä, että rakennusta oltaisiin jouduttu kuvaamaan vähintään kolmena päivänä. Laserkeilausta olisi tarvittu sisätiloissa alaslasketun katon tutkimiseen, mutta tätä ei ainakaan vielä nähty välttämättömäksi.

Sääolosuhteet tuovat enemmän haastetta ulkona olevien rakenteiden lennökkikuvaukseen, jos verrataan maasta tehtyyn laserkeilaukseen. Kuvaaminen on hankalaa myös aurinkoisella kelillä, koska aurinko häikäisee näyttöä. Jonkintyyppinen varjostin laitteelle on tarpeen aurinkoisella säällä.

Fotogrammetrian ja laserkeilaukseen vertailu samassa kohteessa olisi ollut hyvä tehdä, jolloin olisi nähty mahdolliset erot löydöksissä. Olisi saatu tarkempi kuva siitä, milloin kohteita kannattaa laserkeilata ja milloin riittää pelkkä fotogrammetrisen ilmakuvauksen. Tämän tutkiminen jäi seuraavaan tutkintatyöhön.

Kuvauspaikalle on laitettava täkyjä eli kohdepisteitä, jos halutaan saada mittatietoja kohteesta. Meidän tapauksessamme näin ei toimittu, koska niiden tarve selvisi vasta jälkepäin ja silloin oli jo liian myöhäistä. Uudelleen kuvauttaminen olisi ollut budjetitisyistä kannattamatonta, koska työ tehtiin tutkimusmielessä. Uudelleen kuvauttaminen olisi ollut tarpeen, jos olisi haluttu saada kaikki hyöty irti pistepilvestä fotogrammetrisin keinoin.

Pistepilven saantia toimeksiantajan tytäryhtiöltä jouduttiin odottamaan yli sovitun ajan, johtuen lomista ja pistepilviasiantuntijoiden sekä jatkokäsittelyohjelmien lisenssien vähäisestä määrästä. Pistepilven hyötyjen selvittämiseen ei pystytty käyttämään niin paljon aikaa kuin olin arvioinut.

8 Yhteenveto

Tarkastustoiminta ei tuo rakennuksen omistajalle varsinaista tuottoa, joten palvelun myyminen voi olla haastavaa. On hyvä miettiä, miten ja millä argumenteilla voi lähteä myymään palvelua, jonka asiakas joutuu tilaamaan, mutta jonka lisäarvo ei ole aina yksiselitteinen. Myymisessä kannattaa korostaa asiakkaan hyötyjä, joita voivat olla tulevaisuudessa tehtävät laajennukset taikka kuvausmateriaalin käyttö markkinoinnissa. Tarkastustoiminnan suorittamalle yritykselle on helppo lähteä jatkossa tekemään suunnitelmia, jos kohde on entuudestaan tuttu ja yritysten välillä on aiempaa yhteistyötä.

Tarkastustoimintaan on suhtauduttava vakavasti, sillä kiinteistön omistajalla on vastuu rakennuksen kunnosta. On sekä kiinteistön omistajien että tarkastajien etu, että uusia tarkastusmenettelyjä mietitään. Uuden teknologian avulla tarkastustoiminta voi olla yhä tehokkaampaa ja laadukkaampaa. Hyvänä esimerkkinä toimii miehittämättömän ilma-aluksen käyttö rakenteiden kuvaamisessa, jolloin päästään tutkimaan sellaisia kohtia, joihin normaalilla nosturilla ei päästä, jolloin otanta suurenee ja todennäköisyys puutteiden löytämiseen kasvaa. Jos videolta huomataan, että rakenteista löytyy puutteita, on helppo ottaa videolta kuvakaappaus ja näyttää sitä korjausrakentajalle, jolloin epäselvyyksiltä voidaan välttyä.

Fotogrammetrian avulla tuotettu pistepilvi vaatii vielä teknologian kehitystä, kunnes sitä voidaan käyttää sujuvasti tarkastustoiminnassa. Tällä hetkellä korjausrakentamisessa fotogrammetrisesti tuotetun pistepilven kannattavuus voi tulla esille isoissa laajennuskohteissa, joissa on paljon yksityiskohtia ja joissa halutaan tuoda vanha rakennus referenssinä auttamaan liitoskohtien tekoa.

Kuvauksen jälkeen vaaditaan monta työvaihetta. Kuvien käsittely vaatii aikaa, samoin pistepilven saaminen Tekla Structuresiin toimiakseen sujuvasti. Uskon, että tulevaisuudessa pistepilvet tulevat yhä laajemmin rakennesuunnittelijoiden käyttöön ja tukevat uusien suunnitelmien tekoa.

Lähteet

- [1.] RIL 201-1-2011 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, s.11-14, s. 25-27, s. 31-32, s. 35-36
- [2.] Mikhail, E. M. ja Bethel, J.S. (2001) Introduction to Modern Fotogrammetry. John Wiley & Sons, USA, s. 1
- [3.] Rantanen, Jesperi, (2014) Ilmakolmioinnin laadunvalvonta fotogrammetristen pintamallien ja laserkeilausaineiston avulla. Diplomityö. Aalto-yliopiston insinööritieteiden korkeakoulun maankäyttötieteiden laitoksella tehty diplomityö, s. 1
- [4.] Garrison, Ervan, Techniques in Archaeological Geology, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003, s. 48
- [5.] Salmenperä, Hannu, Maasto- ja rakennusmittausten perusteet, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustekniikan osasto, Geoinformatiikka, 2002, s. 158-159
- [6.] Walford, Alan, What is Photogrammetry?, verkkodokumentti, saatavissa <http://www.photogrammetry.com/>, luettu 1.8.2016
- [7.] Verkkodokumentti, saatavissa https://fi.wikipedia.org/wiki/Digitaalinen_maastomalli, luettu 8.8.2016
- [8.] Haggren, Henrik, Maa-57.1030 Fotogrammetrian perusteet, Luento-ohjelma 6, Verkkodokumentti, saatavissa [sahttps://foto.aalto.fi/opetus/1030/luentokalvot/Luento6/L6_2007.html](https://foto.aalto.fi/opetus/1030/luentokalvot/Luento6/L6_2007.html), luettu 12.8.2016
- [9.] Sippo, Mikko, Lennokkikartoitus – uusia näkymiä ilmasta, Maankäyttö, 02.2013, s. 34-35
- [10.] P. Rönholm & H.Haggren, Henrik, Maa-57.301 Fotogrammetrian yleiskurssi, Luento-ohjelma 10, Verkkodokumentti, saatavissa https://foto.aalto.fi/opetus/301/luennot/10/10_pr.html, luettu 15.8.2016

- [11.] J. Heikkilä & K. Laamanen & J. Mäkelä & M. Rantanen & A. Saarikoski & H. Salmenperä & T. Suominen & M. Tujunen, Ohjeet tarkan fotogrammetrisen kartoitusmittauksen suorittamista varten, Uudistettu, toinen painos, Suomen Kuntaliitto, 14.12.1993 https://foto.aalto.fi/seura/julkaisut/erillisjulkaisu1_1993/teksti.html#2
- [12.] Haggren, Henrik, Maa-57.220 Fotogrammetrinen kartoitus, Luento-ohjelma 3, Verkkodokumentti, saatavissa https://foto.aalto.fi/opetus/1030/luentokalvot/Luento6/L6_2007.html, luettu 13.8.2016
- [13.] Tammi, Kalle, Kick-off seminaari: Prodigious -hanke, 3d-mittausmenetelmät tänään, 15.4.2016, saatavissa <http://prodigious.tamk.fi/2016/05/23/prodigious-hankkeen-aloitusseminaarin-materiaali/>, luettu 16.8.2016
- [14.] List of programs for point cloud processing, verkkodokumentti, https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_programs_for_point_cloud_processing, luettu 22.8.2016
- [15.] Dense Modelling, Mesh Model, verkkodokumentti, saatavissa <http://grail.cs.washington.edu/rome/dense.html>, luettu 29.8.2016
- [16.] Blain, Loz, Review: A crucial look at DJI's Phantom 3 Professional, Verkkodokumentti, saatavissa <http://newatlas.com/review-dji-phantom-3-professional/38694/>, luettu 29.8.2016
- [17.] Phantom 3, User Manual, V1.4m, 2015.10, s. 32-34, s. 37, s.51

Kohde- ja asiakirjatiedot

TARKASTUSKIRJA	
A. Kohde- ja asiakirjatiedot	
Rakennuksen yleistiedot	
Kohteen nimi	Mallihalli
Osoite	Laaksokatu 15
Postinumero ja toimipaikka	00000 Alakunta
Kunta	Kunta
Omistaja	Kiint. Oy XXXX
Osoite	Mallikatu 13, 01234 Kunta
<i>Yhteyshenkilö</i>	MM1
Puh.nro	040 0000000
Sähköposti	
<i>Yhteyshenkilö</i>	MM2
Puh.nro	
Sähköposti	
<i>Yhteyshenkilö</i>	MM3
Puh.nro	
Sähköposti	
Käyttäjä	KK
Osoite	
Puh.nro	
Sähköposti	
<i>Yhteyshenkilö</i>	
Puh.nro	
Sähköposti	
Tarkastajat	
<i>Tarkastaja 1</i>	NNN
Yritys	Ins.tsto AAA
Tehtävät/titteli	Erityisasiantuntija
Osoite	Rakennkatu 17, 00000 Yläkunta
Puh.nro	0207 1111 111
Sähköposti	nnn@aaa.fi
Koulutus ja pätevyudet	DI / FISE Betoni.rakenteiden suunnittelija AA
Rooli tarkastuksessa	Vastaava tarkastaja, yleistarkastus
<i>Tarkastaja 2</i>	MMM
Yritys	Ins.tsto AAA
Tehtävät/titteli	Rakennesuunnittelija
Osoite	Rakennkatu 17, 00000 Yläkunta
Puh.nro	0207 1111 112
Sähköposti	nnn@aaa.fi
Koulutus ja pätevyudet	RI / FISE Teräsrakenteiden suunnittelija AA
Rooli tarkastuksessa	Teräsrakenteiden tarkastus
<i>Tarkastaja 3</i>	
Yritys	
Tehtävät/titteli	
Osoite	
Puh.nro	
Sähköposti	
Koulutus ja pätevyudet	
Rooli tarkastuksessa	
<i>Tarkastaja 4</i>	
Yritys	
Tehtävät/titteli	

(6)

Osoite	
Puh.nro	
Sähköposti	
Koulutus ja pätevyudet	
Rooli tarkastuksessa	
<i>Avustava tarkastaja</i>	
Yritys	
Tehtävät/titteli	
Osoite	
Puh.nro	
Sähköposti	
Koulutus ja pätevyudet	
Rooli tarkastuksessa	
Rakennuksen tekniset tiedot	
Rakennustyyppi	Hallimainen rakennus
Käyttötarkoitus	Ratsastusmaneesi
Valmistumisvuosi	1980
Rakennuksen koko (br-m ² /m ²)	1200
Runkorakenne (materiaalit, rakenteet)	Teräsrunko
Erytisolosuhteet	Kylmä rakennus, hiekan sidonnassa käytetään suolaa.
Muuta	
Hanketiedot	
Urakkamuoto	KVR
Rakennuttaja	Yritys Oy
Rakennuttajakonsultti	
Pääurakoitsija / runkotoimittaja	PP
Muita urakoitsijoita	
Tuoteosatoimittajat	XX
Havaintoja toteuttajista	
Suunnittelijat (PS, ARK, RAK)	
- Pääsuunnittelija	NN
- Arkkitehti	NN
- Vastaava rakennesuunnittelija	NN
- Tuoteosasuunnittelija	
- Elementtisuunnittelija	
Havaintoja suunnittelusta	
Rakenteiden kuvaus	
Rakennejärjestelmän kuvaus	
Saattinen malli (rakennemalli)	2-nivel -teräsristikkokehä
Mitoituskuormat	V. 1980 määräysten ja RIL-ohjeiden mukaiset lumi-, tuuli ja hyötykuormat
Perustustapa (mv, paalu, jne.)	Maanvarainen, jatkuva antura
Kantavat vaak- ja pystyrakenteet	Teräskehät, L 20 m, k/k 4000 mm
Stabiloivat pystyrakenteet ja jäykistävät vaakarakenteet (rakenneosat, materiaalit)	Katon päädyissä vaakaristikot katossa kehien välillä (terästä) Seinissä pilareiden välillä vinoreivaukset
Kattorakenteet (rakenneosat, materiaalit)	Kuumasinkityt hattuurret, joiden päällä profiilipelti vesikatteena
Julkisivut (rakenneosat, materiaalit)	Vaakaorret sahatavara 50x125 k1000, pystylauta
Ripustetut rakenteet kuten katokset, alakatot, jne. (rakenneosat, materiaalit)	Ei ole

Tarkastukset

TARKASTUSKIRJA - LOMAKKEET					
B. Tarkastuslomakkeet ja tarkastukset					
YLEISTIEDOT					
Kohde:	Mallihalli				
Osoite:	Laaksokatu 15, 00000 Alakunta				
Tarkastajat:	NNN, Ins.tsto AAA MMM, Ins.tsto AAA				
Työnro:	Kunta				
HAASTATTELUT					
Omistaja:	Kiint. Oy XXXX				
Yhteyshenkilö:	MM1	Paikalla	<input checked="" type="checkbox"/>	Vihreiden solujen tiedot tulevat taulukosta A- älä koske niihin. Tarkista ja suojaa ne tarvittaessa.	
	MM2	Paikalla	<input checked="" type="checkbox"/>		
	MM3	Paikalla	<input type="checkbox"/>		
Pvm	24.6.2014				
TARKASTUSKÄYNNIT					
1. Tarkastuskäynti 24.6.2014					
Omistaja ja edustajat	Kiint. Oy XXXX, MM1	Paikalla	<input type="checkbox"/>		
	Kiint. Oy XXXX, MM2	Paikalla	<input type="checkbox"/>		
	Kiint. Oy XXXX, MM3	Paikalla	<input type="checkbox"/>		
Käyttäjä	KK	Paikalla	<input type="checkbox"/>		
		Paikalla	<input type="checkbox"/>		
2. Tarkastuskäynti 13.8.2014					
Omistaja ja edustajat	Kiint. Oy XXXX, MM1	Paikalla	<input type="checkbox"/>		
	Kiint. Oy XXXX, MM2	Paikalla	<input type="checkbox"/>		
	Kiint. Oy XXXX, MM3	Paikalla	<input type="checkbox"/>		
Käyttäjä	KK	Paikalla	<input type="checkbox"/>		
		Paikalla	<input type="checkbox"/>		
TARKASTUKSET					
Lomake 1. Rakennesuunnitelmien tarkastus ja havainnot					
<i>Suunnitelmien läpikäymisessä todetut tärkeät asiat viedään rakenteiden tarkastuslomakkeisiin 3-5, ellei ao. asia jo kuuluu lomakkeen vakiokohtiin.</i>					
Tark.pvm	Tarkastuskohde	Tarkastus tapa	Havainnot (kantavien rakenteiden riittävyys ja toimivuus)	Seuranta-tarve	Kuvat
24.6.2014	A Rakennelaskelmien laajuus ja taso		Tavanomaiset, osittain puuttuvat		
24.6.2014	A Rakennepiirustusten ja selostusten laajuus ja taso		Pääosin löytyvät		
24.6.2014	A Selvitetään rakennuksen suunnitteluluokitukset ja niiden riittävyys		Normaalit luokat		
24.6.2014	A Selvitetään käytettyjen luonnon- ja hyötykuormien riittävyys sekä mitoituksessa käytetyt kuormien yhdistelyt		Tarkistettu, ok		
25.6.2014	A Selvitetään rungon rakennemalli ja primäärit kantavat pysty- ja vaakarakenteet sekä arvioidaan niiden toimivuus		Tarkistettu, ok. Lattian alla pitäisi olla pilareita sitoavat vetotangot.Tarkistetaan kohteessa		
24.6.2014 / 13.8.2014	A Selvitetään rakennuksen stabiiliteetista vastaavat rakenneosat (vaak- ja pystysuunnassa) ja arvioidaan niiden toimivuus		Tarvittavat rakenteet esitetty piirustuksissa		
24.6.2014	A Selvitetään kuormien mahdolliset muut siirtotiet, jos primääriosat vaurioituvat		Korvaavia rakenteita ei ole havaittu.		
24.6.2014	A Selvitetään onnettomuuskuormien huomioon ottaminen suunnittelussa		Törmäyskuorma otettu huomioon, ok		
25.6.2014	A Selvitetään, miten jatkuva sortuma on otettu huomioon suunnittelussa		Ei ole		
24.6.2014	A Selvitetään tärkeimmät liitokset ja niiden kriittiset kantavuuskriteerit		Käyty muutama kohta läpi, ok		
24.6.2014	A Selvitetään eri rakenneosien sallitut taipumat ja muodonmuutokset toleranssimääräysten mukaan		Tarkistettu, ok		
24.6.2014	A Tarkastetaan suunniteltu käyttöikä ja siihen liittyvät suunnitelmat ja määräykset		Ei ole käyttöikämäärittelyä		
24.6.2014	A Tarkastetaan eri rakenneosien säilyvyysluokitukset ja säilyvyyden toteuttaminen suunnitelmista		Ok		

24.6.2014	B Tunnistetaan yksittäiset stabiileetin (nurjahdus, kiepahdus, lommahdus) mitoittamat osat		Alapaarteita on nurjahdustuettu hattuorsilla, ok		
24.6.2014	B Tunnistetaan rakenteiden ja niiden osien eniten rasitettut kohdat (ne ovat yleensä tukipisteitä ja niiden liitoksia)		Tarkistettu, ok		
24.6.2014	B Tarkistetaan rakenneosien ja liitosten epäkeskeisyydet ja B Betonirakenteiden raudoitusten määrä, ulottuminen tukipinnoille ja riittävä ankkurointi (tarkistus, jos rakenteessa todetaan halkeilua)		Tarkistettu, ok.		
24.6.2014	B Tarkistetaan rakenteelle asetetut muut käyttörajatilaehdot ja niiden toteuttamiseksi suunnitellut rakenteet		Ei havaittu.		
24.6.2014	B Tunnistetaan suunnitelmista eri runkomateriaalien väliset saumakohdat ja suunnitelmat, joilla otetaan huomioon toleranssierot				
24.6.2014	B Tunnistetaan rungon ja lasirakenteiden väliset saumakohdat ja niihin liittyvät toleranssit ja rakennesuunnitelmat				
24.6.2014	B Tarkastetaan rakennesuunnitelmien vaatimukset koskien valmistuksen laatua ja valvontaa		Tavanomaiset		
24.6.2014	B Tarkastetaan laadunvalvontadokumentit				

omake 2. Hankeprosessin vaikutus rakenteelliseen turvallisuuteen - havainnot

Tark. pvm	Tarkastuskohde	Tarkastus-tapa	Havainnot	Seurant-a-tarve	Kuvat
22.6.2014	A Rakennesuunnittelun vastuu- ja tehtäväjako ja sen toimivuuden arviointi	Hankeprosessin tutkimus	Hieman epäselvyyksiä		
23.6.2014	A Runko-osien toimituksen työnjako ja sen toimivuuden arviointi	Hankeprosessin tutkimus	Ei tietoa		
24.6.2014	A Tiedonvaihto pääarakennesuunnittelijan ja tuoteosasuunnittelijan ja/tai valmisosasuunnittelijan välillä on kaikin puolin toiminut.	Hankeprosessin tutkimus	Ei havaintoa, ilmeisesti		
24.6.2014	A Suunnitteluasiakirjojen laajuus ja taso riittävä	Hankeprosessin tutkimus	Vain rakennesuunnitelmia saatavilla		
24.6.2014	A Toteutuksen laajuus ja taso riittävä	Hankeprosessin tutkimus	Toteutus on asiallinen.		
24.6.2014	A Laadunhallinta-asiakirjojen laajuus, sisältö ja taso	Hankeprosessin tutkimus	Ei tietoa		
	A Muita havaintoja prosessiin ja rakennukseen liittyen	Hankeprosessin tutkimus	Rakennus kuuluu riskiryhmään (useita puutteita ja sortumia ko. tyyppin rakennuksilla).		
24.6.2014	A Muita havaintoja prosessiin ja rakennukseen liittyen	Hankeprosessin tutkimus			

Lomake 3. Teräsrunkoisen rakennuksen kantavien rakenteiden tarkastus - havainnot

Tark.pvm	Tarkastuskohde	Tarkastus-tapa	Havainnot	Seurant a-tarve	Kuvat
24.6.2014	A Rakenteiden vastaavuus rakennesuunnitelmien (piirustusten) kanssa (mm. rakenteet, liitokset, tuennat)	Silmämääräinen	Pieniä puutteita, ks. alla		
24.6.2014	A Tasoa jäykistävät rakenteet (esim. hallien jäykistyspukit molemmissa päissä) ja kuormien siirtyminen perustuksille	Silmämääräinen	Kattotaso säilyy jäykkänä, mutta päätykuormien siirtyminen perustuksille on epäselvästi todennettavissa laskennallisesti. Alapaarteen hattuorret ovat eri kohdassa kuin päädyn tuulipilarit.	x	
24.6.2014	A Seiniä jäykistävät rakenteet ja kuormien siirtyminen perustuksille	Silmämääräinen	Kuvassa jäykistysristikko pituussuunnassa keskellä rakennusta. Sauvojen liitoksissa suuria epäkeskisyyksiä.	x	
24.6.2014 / 13.8.2014	A Mahdolliset muutostyöt ja lisäykset, jotka on tehty käyttöönoton jälkeen	Silmämääräinen	Korjaus toimi tyydyttävästi.		

24.6.2014	A Rakenneosien jäykkien liitosten välinen toiminta ja mahdolliset liitosvauriot	Silmämääräinen	Päätyristikon alapaarre kiinnittyy pystysuunnassa hitsillä tukipilareihin. Kattoristikoiden jatkosliitoksen toiminta leikkauksvoimille kriittinen.	x	3 (6)
24.6.2014	A Rakenneosien välisten nivellitosten toiminta nivelinä (esim. WQ-palkkiliitokset)	Silmämääräinen	Päähän pilariristikoiden alapää ei toimi täysin nivelinä. Niissä on huomattavaa epäkeskisyyttä. Läpimenevä pultti kulkee vapaasti läpi diagonaalien välistä.	x	
24.6.2014	A Mahdolliset ristikkojen liitosten vauriot	Silmämääräinen	Päähän pilariristikoiden alapäässä havaittavissa runsaasti ruostetta.	x	
24.6.2014	A Korroosiovauriot (syyt selvitettävä)	Silmämääräinen	Maalipinnoissa esiintyy paikoin lievää ruostuneisuutta. Päähän ristikkopilareiden alapäässä ruosteessa (tulee teräsharjata ja betonoida.)	x	
24.6.2014	A Tarkastetaan perustusten painuminen ja siitä aiheutuneet mahdolliset seuraukset	Silmämääräinen	Ei painumia.		
24.6.2014	A Kantavien rakenneosien vauriot johtuen käytöstä (kolhiintuminen, törmäykset)	Silmämääräinen	Ei havaittavissa.	x	
24.6.2014 / 13.8.2014	B Rakenneosien väliset epäkeskisyydet	Silmämääräinen	Epäkeskisyyttä ristikoiden uumasauvojen ja paarteiden liitoksissa sekä jäykistysristikoiden liitoksissa.		
24.6.2014	B Kehien pilarien tai palkkien erisuuret taipumat tai sivusiirtymät	Silmämääräinen	Ei taipumaa eikä sivusiirtymä.		
20.6.2014	B Kehinä suunniteltujen rakenteiden tasomaisuus (poikkeamat raportoitava)	Silmämääräinen	Ei havaittavissa ongelmia.		
21.6.2014	B Ruuviliitosten kireys	Mittaus paikalla	Ruuviliitokset ovat kireällä. Päähän liitosten ja jäykistysristikoiden ruuvit ovat M16 8.8.	x	

Tulokset

C. Tarkastuksen tulokset ja yhteenveto			
A. Rakennuksen ja rakenteiden tiedot			
Rakennuksen yleiset tiedot			
Rakennuksen nimi	Mallihalli		
Osoite	Laaksokatu 15, 00000 Alakunta		
Osoite	Mallikatu 13, 01234 Kunta		
Osoite	Mallikatu 13, 01234 Kunta		
Yhteyshenkilö	MM1	040 0000000	
	MM2		
	MM3		
Käyttäjä	KK		
Rakennuksen tekniset tiedot			
Rakennustyyppi	Hallimainen rakennus		
Rakennuksen	Ratsastusmaneesi		
Rakennusvuosi	1980		
Rakennuksen koko (m ² /m ³)	1200		
Käytetyt runkomateriaalit	Teräsrunko		
Rakennuksen erityisolosuhteet	Kylmä rakennus, hiekan sidonnassa käytetään suolaa.		
Muuta			
Hanketiedot			
Organisaatio			
Rakennuttaja/tilaaja	Yritys Oy		
Rakennuttajakonsultti			
Tärkeimmät urakoitsijat	PP		
Tuotesuorittajat	XX		
Suunnittelijat (PS, ARK,			
- Pääsuunnittelija	NN		
- Arkkitehti	NN		

2 (9)

- Vastaava rakennesuunnittelija	NN
- Tuoteosasuunnittelija	
- Elementtisuunnittelija	
Hankemuoto, vastuut, laadunvarmistus, arvio prosessin toimivuudesta	
Urakkamuoto	KVR
Runko-osien toimituksen työnjako ja sen toimivuuden arviointi	Hieman epäselvyyksiä
Rakennesuunnittelun vastuu- ja tehtäväjako ja sen toimivuuden arviointi	Ei tietoa
Erityismenettelyn noudattaminen rakennusvaiheessa	Kohteessa ei ole tarvittu erityismenettelyä rakennusvaiheessa.
Muita havaintoja prosessin toimivuudesta	Rakennus kuuluu riskiryhmään (useita puutteita ja sortumia ko. tyyppin rakennuksilla).
Rakenteiden kuvaus	
Saattinen malli (rakennemalli)	2-nivel -teräsristikkokehä
Mitoituskuormat	V. 1980 määräysten ja RIL-ohjeiden mukaiset lumi-, tuuli ja hyötykuormat
Perustustapa (mv, paalu, jne.)	Maanvarainen, jatkuva antura
Kantavat vaak- ja pystyrakenteet	Teräskehät, L 20 m, k/k 4000 mm
Stabiiloivat pystyrakenteet ja jäykistävät vaakarakenteet (rakennosat, materiaalit)	Katon päädyissä vaakaristikot katossa kehien välillä (terästä) Seinissä pilareiden välillä vinoreivaukset
Kattorakenteet (rakennosat, materiaalit)	Kuumasinkityt hattuorret, joiden päällä profiilipelti vesikatteena
Julkisivut (rakennosat, materiaalit)	Vaakaorret sahatavara 50x125 k1000, pystylauta
Ripustetut rakenteet kuten katokset, alakatot, jne. (rakennosat, materiaalit)	Ei ole
Muuta tietoa	Päädyn niveliset teräsputkituulipilarit 100x150 tukeutuvat teräsristikon alapaarteeseen
Tehdyt korjaukset	Vesikaton muovinen valokateprofiili on sortunut ja korvattu pellillä. Valokatteisia ikkunoita on ollut monessa kohtaa. Ne on korvattu vanhalla pellillä, joka on irroitettu lappeesta n. 50 m ² alueelta. Myös neljä hattuorretta on uusittu, koska vuonna 2011-2012 runsas kinostunut lumi rikkoi ne. Tälle alueelle on ostettu uusi pelti, joka erottuu vesikatolla ja rakennuksen sisällä. Korjaustyöt toteutti XX Oy
Olemassa olevat asiakirjat	

Arviointitodistus

Rakennuksen rakenteellisen turvallisuuden arviointitodistus				
A. Rakennuksen yleistiedot				
Nimi	Mallihalli			
Osoite:	Laaksokatu 15 00000 Alakunta			
Omistaja	Kiint. Oy XXXX Mallikatu 13, 01234 Kunta MM1 040 0000000			
Käyttäjä	KK			
B. Rakennuksen tekniset tiedot				
Rakennustyyppi	Hallimainen rakennus			
Käyttötarkoitus	Ratsastusmaneesi			
Valmistumisvuosi	1980			
Koko (br-m ² /m ³)	1200			
Runkorakenne/	Teräsrunko			
Rakenejärjestelmän kuvaus				
Saattinen malli (rakennemalli)	2-nivel -teräsristikkokehä			
Mitoituskuormat	V. 1980 määräysten ja RIL-ohjeiden mukaiset lumi-, tuuli ja hyötykuormat			
Perustustapa (mv, paalu, jne.)	Maanvarainen, jatkuva antura			
Kantavat vaaka- ja pystyrakenteet	Teräskehät, L 20 m, k/k 4000 mm			
Stabiloivat pystyrakenteet ja jäykistävät vaakarakenteet (rakenneosat,	Katon päädyissä vaakaristikot katossa kehien välillä (terästä) Seinissä pilareiden välillä vinoreivaukset			
Kattorakenteet (rakenneosat,	Kuumasinkityt hattuorret, joiden päällä profiilipelti vesikatteena			
Julkisivut (rakenneosat, materiaalit)	Vaakaorret sahatavara 50x125 k1000, pystylauta			
Ripustetut rakenteet kuten katokset, alakatot, jne.	Ei ole			
Muuta tietoa	Päädyn niveliset teräsputkituulipilarit 100x150 tukeutuvat teräsristikon alaparteeseen			
C. Tarkastustiedot				
Tarkastus on	Viranomaisvelvoitteinen	<input checked="" type="checkbox"/>	Oma-aloitteinen	<input type="checkbox"/>
Tarkastusmenetelmät	Suunnitelmatarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	Koekuormitus	<input type="checkbox"/>
	Silmämääräinen tark.	<input checked="" type="checkbox"/>	Materiaalinäyte	<input type="checkbox"/>
	Rakennesuunnitelmien tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	Mittaus paikalla	<input type="checkbox"/>
	Hankeproessin selvitys	<input checked="" type="checkbox"/>	Kuntoarvio	<input checked="" type="checkbox"/>
	Laskelmien tarkastus	<input type="checkbox"/>	Kuntotutkimus	<input type="checkbox"/>
	Tarkastuslaskelmat	<input type="checkbox"/>	Muu, mikä?	<input type="checkbox"/>

Tarkastustietojen dokumentointi	Tarkastuksen havainnot ja tulokset on esitetty xx.xx.xx päivätyssä tarkastuskirjassa		
Tarkastuskäynnit	1. tarkastuskäynti: 24.6.2014	2. tarkastuskäynti: 13.8.2014	
D. Kantavien rakenteiden havainnot, puutteet tai viat ja niiden korjaamiseksi vaadittavat toimenpiteet			
	Kuvaus rakennus suunnitelmien tasosta ja hankeprosessista		
	<i>Rakennesuunnitelmia oli pääosin saatavilla. Rakennus tuotettu KVR-hankkeena, jossa on tietyissä kohdissa käytetty halpoja ja huonosti toimivia ratkaisuja.</i>		
	Kuvaus ja arvio rakennuksen kunnosta ja toiminnasta:		
	<i>Rakennus on alkuperäisessä kunnossaan ja kohtalaisessa kunnossa. Maalipinnoissa on lievää ruostuneisuutta paikoitellen. Rakennuksessa ei ole havaittavissa painumia eikä siirtymiä. Vesikaton muovinen valokateprofiili on pettänyt lumikuorman alla muutama vuosi</i>		
	Kuvaus ja arvio rakennuksen huolto- ja ylläpitotavasta:		
	<i>Mitään erityisiä huoltotoimenpiteitä ei ole suoritettu. Jatkossa seurattava rakenteiden kunto tarkemmin, ks. käyttö- ja huolto-ohje.</i>		
	Kantaviin rakenteisiin liittyvät puutteet, jotka kaipaavat välittömästi toimenpiteitä (estävät kohteen käyttöä):		
	<i>Ei ole.</i>		
	Muut kantaviin rakenteisiin liittyvät puutteet, jotka kaipaavat toimenpiteitä:		
	<i>Ristikkopilareiden liittyminen perustuksiin on väärin muotoillun detaljin vuoksi ruostunut. Teräsosat teräsharjataan ja liitos suunnitellaan betonoitavaksi. Maanalaisten vetotankojen olemassaolo sekä kunto tulee varmistaa.</i>		
	Suosituksia ja ohjeita rakenteellisen turvallisuuden parantamiseksi:		
	<i>Rakennuksen pituussuuntainen stabiiliteetti tulisi tarkistaa laskelmin. Kehien pulttiliitosten kapasiteetit tulisi tarkistaa laskelmin. Runsaslumisina talvina kannattaa edelleen pudottaa lumet katolta varsinkin, jos lunta kertyy enemmän toiselle lappeelle.</i>		
	Suositus seuraavaksi tarkastusajankohdaksi ja erityisesti tarkastettavat kohteet:		
	<i>Seurantatarkastus v. 2020, kehien liitokset ja pilareiden alapää</i>		
	Käyttö- ja huolto-ohjeet		
	Kantavien rakenteiden jatkuvaa ja säännöllistä seurantaa varten on laadittu erillinen		
E. Vastaava tarkastaja			
Tarkastajan nimi	NNN		
Yritys	Ins. tsto AAA		
Tehtävät/titteli	Erityisasiantuntija		
Osoite	Rakennekatu 17, 00000 Yläkunta		
Puh.nro	0207 1111 111		
Sähköposti	nnn@aaa.fi		
Koulutus ja pätevyudet	DI / FISE Betoni.rakenteiden suunnittelija AA		Selvitys kelpoisuudesta liitteessä 1.
Rooli tarkastuksessa	Vastaava tarkastaja, yleistarkastus		
Pvm			
Allekirjoitus	NNN		
LIITTEET:	Liite 1. Tarkastajien kelpoisuus selvitys (CV ym selvitykset)		
	Liite 2. Käyttö- ja huolto-ohje		

Käyttö- ja huolto-ohje

KÄYTTÖ- JA HUOLTO-OHJE					1(2)
Rakennuksen yleistiedot					
Nimi	Mallikalli				
Rakennustyyppi	Hallimainen rakennus				
Käyttötarkoitus	Ratsastusmaneesi				
Valmistusvuosi	1980				
Koko (br-m ² /m ³)	1200				
Runkorakenne/ materiaali	Teräsrunko				
Rakennus-/rakennetiedot sekä käyttöikätaavoitteet					
Rakennuksen: - suunniteltu käyttöikä		50	Iäoitu jäljellä oleva käyttöikä		30
Rakennusosa	Rakenteet		Suunniteltu tai arvioitu käyttöikä (v)	Arvioitu jäljellä oleva käyttöikä (v)	
Perustustapa (mv, paalu, jne.)	Maanvarainen, jatkuva antura		50	40	
Kantavat vaaka- ja pystyrakenteet	Teräskehät, L 20 m, k/k 4000 mm		50	40	
Stabiiloivat pystyrakenteet ja jäykistävät vaakarakenteet (rakennusosat, materiaalit)	Katon päädyissä vaakaristikot katossa kehien välillä (terästä) Seinissä pilareiden välillä vinoreivaukset		50	40	
Kattorakenteet (rakennusosat, materiaalit)	Kuumasinkityt hattuorret, joiden päällä profiilipelti vesikatteena		50	30	
Julkisivut (rakennusosat, materiaalit)	Vaakaorret sahatavara 50x125 k1000, pystylauta		30	20	
Ripustetut rakenteet kuten katokset, alakatot, jne. (rakennusosat, materiaalit)	Ei ole				
Muuta					
Kantavien rakenteiden huolto-ohjeet					
Rakenne	Tarkastettava kohta	Tarkastusväli	Kunnossapitotoimenpide	Kunnossapitoaika	Viimeksi tarkastettu
Teräskehät	Liitosten mutterien kiritys	5	Muttereiden kiristäminen	10 v. tai tarv.	
Teräskehät	Liitosten hitsien ruosteisuus	5	Liitosten huoltomaalaus	20 v. tai tarv.	
Teräskehät	Teräsosien kunto	5	Tarvittavien osien korjaaminen tai uusiminen	10 v. tai tarv.	
Täydentävien rakenteiden huolto-ohjeet					
Rakenne	Tarkastettava kohta	Tarkastusväli	Kunnossapitotoimenpide	Kunnossapitoaika	Viimeksi tarkastettu
Ulkoseinä	Poimulevyn vedenpitävyys ja kunto	1 - 2 v.	Kiinnitys, huoltomaalaus tarvittavissa kohdissa	10 v. tai tarv.	
Ehdotus seurantatarkstuksen ajankohdaksi 2020					
Laatija:	Tarkkainto:		Pvm:		
Kunnossapitoajaksolla tarkoitetaan keskimääräistä aikaväliä, jonka jälkeen määrätty kunnossapitotoimenpide toistetaan					
Tarkastus- ja huoltotoimenpiteet					
Rakenne	Kohta	Pvm	Toimenpide ja havainto	Henkilö	
Ulkoseinä	Poimulevyn vedenpitävyys ja kunto	22.5.2015	Tarkastettu, liitokset tiivistetty	NN	

Kuvausmateriaalia: julkisivu ja katto









