



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TIMO TANTTU
LASERSKANNAUKSEN HYÖDYNTÄMINEN KORJAUSRAKEN-
NUSHANKKEISSA

Diplomityö

Tarkastaja: Prof. Arto Saari ja TkL
Olli Teriö
Tarkastaja ja aihe hyväksytty Raken-
nustekniikan tiedekuntaneuvoston
kokouksessa 8. kesäkuuta 2016

TIIVISTELMÄ

TIMO TANTTU: Laserskannauksen hyödyntäminen korjausrakennushankkeissa
Tampereen teknillinen yliopisto
Diplomityö, 34 sivua,
Huhtikuu 2017
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Rakennustuotanto
Tarkastaja: Professori Arto Saari & Tekniikan Lisensiaatti Olli Teriö

Avainsanat: Laserskannaus, Tietomallintaminen, BIM, Korjausrakentaminen

Rakennusalalla rakenteiden mittausmenetelmät ovat 1970-luvun alkupuolelta perustuneet takymetrimittaukseen. Laite lukee polaarisesti x,y,z -koordinaatistossa mitattava tähyksen sijainnin. Samalta mittausasemalta voidaan mitata useiden eri pisteiden etäisyydet, kunhan laitteesta on suora näköyhteys mitattavaan tähykseen.

Laserskannaus perustuu saman tyyppiseen mittaustapaan. Erona on se, että laserskannauksessa mittaus perustuu joko valon kulkuajan tai vaihe-eron mittaamiseen ja laser-skanneri mittaa kaikki ympäröivät pisteet halutulla pistetiheydellä. Mitatut pisteet muodostavat pilven, josta nykyisillä tietokoneohjelmilla saadaan mitattua mikä tahansa mitta pilven sisältä. Tämän tutkimuksen päätavoitteena on selvittää laserskannauksen hyötyjä rakennusten korjausrakennushankkeissa.

Työn ensimetreillä kirjallisuuskatsauksessa esitellään, mitä laserskannaus on ja minkä vuoksi sitä halutaan tehdä. Aineiston luettavuuden kannalta kirjallisuuskatsauksessa on esiteltävä laserskannaus sekä tietomallintaminen riittävällä tasolla. Päättökäytännönä työssä on käytetty teemahaastatteluja. Haastateltaviksi valikoitui kaksitoista rakennusalan asiantuntijaa, jotka joko työskentelevät laserskannauksen parissa tai omaavat muutoin tutkimuksen kannalta tarpeellista tietoa. Teemahaastattelujen aineisto on esitetty kappaleessa neljä.

Tulosten perusteella laserskannausta voidaan pitää varteenotettavana korjausrakennuskohteiden mittausmenetelmänä. Laserskannaus on nopea, turvallinen ja yksinkertainen mittausmenetelmä jolla saavutetaan tarkkaa sekä luotettavaa tietoa suunnittelun tueksi. Haastavissa korjausrakennushankkeissa, joissa vanhoja rakennuksen osia halutaan korjata tai uusia, laserskannaus on toinen kahdesta menetelmästä lähtötilanteen tallentamiseen. Toistaiseksi laserskannaamisen ja tietomallintamisen hyödynnettävyyttä rajoittaa mallintamisen manuaalisuus, eli automaation puute mittausaineiston ja mallinnuksen välillä.

ABSTRACT

TIMO TANTTU: Utilization of laser scanning in building renovation projects

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 34 pages,

April 2017

Master's Degree Program in Civil Engineering

Major: Construction Management and Economics

Examiner: Professor Arto Saari & Licentiate of Science Olli Teriö

Keywords: Laser scanning, Building Information Modeling, BIM, Building renovation

From the beginning of the 1970s measuring methods in the construction industry have based on the tachymetry. The device measures the location of the target plates in a x,y,z -coordinate system. A number of different measurements to different target plates can be done from the same measuring location if only the device have direct view to the targets.

Laser scanning is based on same type of measurement method. The differences are that laser scanning measures distance from light propagation time or light waves phase difference and that laser scanning measures all the neighbouring dots in the desired dot density. The measured dots form a cloud from which modern computer programs can measure distance between any two dots desired. The main objective of this study is to find out benefits of laser scanning in the renovation projects.

At first literature review presents what laser scanning is and what for it is done. Research data is based on construction professionals's interviews which requires an introduction of laser scanning and building information modeling in the literature review. The main research method is theme interviews. The interviewees are twelve experts of construction industry who either work on laser scanning or otherwise possess the necessary information for the research. The theme interview data is presented in the chapter four.

Based on the results laser scanning can be considered as a reliable method of building renovation projects. Laser scanning is fast, safe and simple measurement method that provides accurate and reliable information to support structural design. Laser scanning one of two methods for storing the information from starting point of a challenging renovation project where old parts of the building are going to be repaired or renewed. So far the utilization of laser scanning and BIM is limited by the manuality of modeling from point cloud, in other words the lack of automation between measurement data and BIM modeling.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on laadittu osana Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen rahoittamaa ProDigiOUs -hanketta. Kiitos koko ProDigiOUs -organisaatiolle ja erityisesti Olli Teriölle mahdollisuudesta osallistua tähän hankkeeseen. Matka on ollut pitkä ja tuntunut välillä ylitsepääsemättömältä, mutta se on opettanut mielettömästi. En olisi ennen tämän projektin alkua uskonut päätyväni tutkimusapulaiseksi. Kiitos Olli tuesta ja ohjauksesta.

Kaikkein suurin kiitos kuuluu kotijoukkueelle, vanhemmilleni Juhalle ja Anjalle, sekä rakkaalle vaimolleni Julialle. Ilman teidän tsemppiä ja potkimista työ tuskin olisi valmistunut.

Kiitos myös kaikille koulukavereille kuluneesta kuudesta vuodesta. Tämä on ollut hienoa aikaa kaikista unettomista öistä ja deadlineista huolimatta. Kiltahuoneelta on aina saanut tukea, opastusta, myötätuntoa, tai mitä ikinä sinne saapuessa onkaan kaivannut.

Jyväskylässä, 17.4.2017

Timo Tanttu

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tausta	1
1.2	Diplomityön tavoite.....	2
1.3	Tutkimusmenetelmät.....	3
2.	KIRJALLISUUSKATSAUS	4
2.1	Laserskannaus	4
2.2	Tietomallinnuksen kehitys	8
2.3	Hyötyjen määrittäminen.....	11
3.	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	13
3.1	Tutkimusmenetelmä.....	13
3.2	Aineistonkeruu	14
4.	AINEISTO	16
4.1	Laserskannaus	16
4.1.1	Soveltuvat kohteet.....	16
4.1.2	Skannausten vaatimustaso.....	17
4.1.3	Lisäarvoa tilaajalle	18
4.1.4	Skannausten suunnittelu.....	20
4.1.5	Skannausten suoritus.....	21
4.1.6	Mittausaineiston käsittely	22
4.1.7	Suunnittelu pistedatan perusteella.....	23
4.1.8	Resurssit.....	24
4.1.9	Nykyiset asiakasprofiilit	24
4.1.10	Haasteet	25
4.2	Skannauksen hyödyntäminen hankkeen vaiheissa.....	26
4.2.1	Hankesuunnittelu	26
4.2.2	Tarjousvaihe.....	27
4.2.3	Toteutussuunnittelu.....	28
4.2.4	Rakentaminen.....	29
5.	TULOKSET	30
6.	POHDINTA	32
6.1	Tulosten tarkastelu	32
6.2	Tutkimuksen tarkastelu	33
6.3	Jatkotutkimus ehdotukset.....	33
	LÄHTEET.....	35

KUVALUETTELO

<i>Kuva 1: ProDigiOUs hankehakemuksessa esitetyt kahdeksan toimenpidettä</i>	1
<i>Kuva 2: Diplomityön tavoitteet</i>	2
<i>Kuva 3: Maalaserskannerien tyypit (Joala, 2006)</i>	5
<i>Kuva 4: Case: Lempäälän lukio. ProDigiOUs -hankkeen organisaatio laserskannasi Lempäälän lukion ja loi opastusvideon. 1) Pistepilvet on yhdistetty yhdeksi aineistoksi 2) Pistepilvi on rajattu haluttu kiinnostava osa 3) Rajatusta osasta on luotu tietomalli. Kuvat ovat videolta.</i>	6
<i>Kuva 5: As-built tietomallin luonti Brikalixen mukaan (Brilakis, ym., 2010)</i>	7
<i>Kuva 6: Teknologian epäjatkuvuuskuvaaja (Valtari, 2004, s. 12)</i>	9
<i>Kuva 7: Tiedonkäsittelymalli BIM kohteen elinkaarelle (Bosché, 2015, s. 204)</i>	10
<i>Kuva 8: Potentiaalisten kustannussäästöjen jäävuorikuvaaja (Construction Industry Institute, 2005)</i>	11
<i>Kuva 9: Vastaajien jakauma eri ryhmiin</i>	15

LYHENTEET JA MERKINNÄT

Pk-yritys	pieni tai keskisuuri yritys
ELY keskus	elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
TTY	Tampereen teknillinen yliopisto
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
BIM	Building Information Modeling = Rakennusten tietomallintaminen
As-desinged-	(= niin kuin on suunniteltu) toteutussuunnitelma BIM malli
As-built-	(= niin kuin on rakennettu) laserskannaamalla tai fotogrammetrisesti tarkastettu rakennuksen valmistumisvaihetta vastaava BIM malli
As-is BIM mallit	(= niin kuin on) laserskannaamalla tai fotogrammetrisesti tarkastettu rakennuksen nykytilaa vastaava BIM malli

1. JOHDANTO

1.1 Tausta

Tämä diplomityö liittyy Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY keskus) *ProDigiOUs – Productivity with digitalisation, open data and usability* -hankkeeseen⁰. ProDigiOUs on osa suurempaa *Kestävää kasvua ja työtä 2014-2020* -hanketta.

ProDigiOUs hankehakemuksessa määritetään, että hankkeen ”*päätavoitteena on luoda laaja- ja monialainen 3D-mittausmenetelmien tietomallintamisen osaamiskeskittymä ja seudullinen yhteistyöverkosto. Tätä kautta voidaan synnyttää rakennus- ja suunnittelu- alalle uusia, tehokkaampia toimintamalleja ja ennen kaikkea uusia palveluja ja yritystoimintaa*”. Hanke on suunnattu korjausrakentamiseen Pirkanmaan pienille ja keskisuurille yrityksille (pk-yrityksille). Tavoite voidaan saavuttaa selvittämällä tietomallinnuksen ja laserskannauksen merkitys pk-yrityksille, sekä perehdyttämällä heidät sopivimpien ohjelmien käyttöön (Kuva 1). Hankkeen tuomat edut havainnollistetaan kiinteistöjen omistajille ja selvitetään, kykenevätkö rakennuskonevuokraamot tuottamaan kalustonvuokrauspalveluja kohdeyrityksille.



Kuva 1: ProDigiOUs hankehakemuksessa esitetyt kahdeksan toimenpidettä

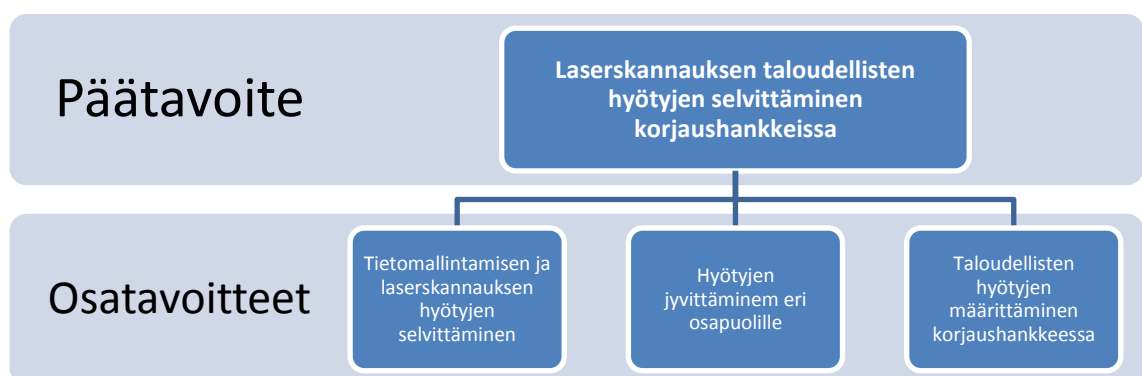
Hanke alkoi 1.2.2016 ja kestää kaksi vuotta. Ensimmäisten seitsemän kuukauden aikana on suoritettu koulutuksen vaatimat tutkimukset. Tänä aikana on hoidettu myös hankkeen markkinointi ja koulutusjärjestelyt. Seuraavassa vaiheessa järjestetään pk-yritysten koulutukset. Koulutuksissa perehdytään mittaustekniikkaan, mittausedata käsittelemiseen sekä tietomallintamiseen. Viimeisten kuuden kuukauden aikana julkaistaan tutkimuksen tulokset. Lisäksi kehitetään osaamiskeskittymän toimintamalleja sekä ylläpidetään yhteistyöverkostoa.

ProDigiOUs toteutetaan Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) sekä Tampereen ammattikorkeakoulun (TAMK) yhteishankkeena. Lisäksi hankkeen ohjausryhmään kuuluu edustajat Kiinteistöliitosta, Rakennusteollisuudesta, SKOL:sta, ELY keskukselta sekä pk-yrityksistä. Päätoimittajana toimii TAMK. Hankkeeseen tehdään ammattikorkeakoulun päättötyötä sekä teknillisen yliopiston diplomityötä. Ammattikorkeakoulussa tehtävät päättötyöt keskittyvät laserskannauskalustoon sekä käytettäviin ohjelmiin.

Tämä diplomityö kohdistuu ProDigiOUs -hankkeen tehtävän 6, Hankkeen hyötyjen arviointiin ja näyttämiseen kiinteistöjen omistajille (Kuva 1, s. 1).

1.2 Diplomityön tavoite

Diplomityön päätavoite on laserskannauksen hyötyjen selvittäminen kiinteistöjen korjaushankkeissa (Kuva 3, s. 3). Tämä vaatii etenkin taloudellisten hyötyjen osoittamista. Tavoite saavutetaan selvittämällä laserskannauksen hyödyt, määrittelemällä niiden merkitys korjausrakentamishankkeissa sekä arvioimalla hyötyjen taloudelliset vaikutukset. Hyötyjen selvittäminen on vaatimus palvelujen tilaajien vakuuttamiseksi. Tätä kautta laserskannauksesta voidaan luoda uusi liiketoiminta korjausrakentamisalalle.



Kuva 2: Diplomityön tavoitteet

Olennaista on keskittyä hyötyjen selvittämiseen. Erilaisten laitteiden sekä ohjelmistojen vertailu rajataan pois tästä diplomityöstä.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Laserskannausta hyödyntäviä toimijoita on Pirkanmaan alueella tai koko suomessa varsin vähän eikä kirjallisuudesta saada numeerista dataa. Riittävää määrää luotettavaa dataa ei ole mahdollista kerätä kvantitatiivisen kysely- tai haastattelututkimuksen suorittamiseksi. Työn tutkimusmenetelmä on kvalitatiivinen. Taloudellisia hyötyjä joudutaan pikemmin arvioimaan, koska eksakteja lukuarvoja ei ole saatavilla.

Työn päätutkimusmenetelmänä toimivat teemahaastattelut. Työssä on haastateltu kahta-toista rakennusalan ammattilaista, joista osa toimii laserskannauksen parissa. Teemahaastattelujen avulla saadaan uusinta tietoa käytetyistä ja suunnitteilla olevista laserskannauksen ja tietomallinnuksen sovellutuksista. Rakennushankkeiden eri vaiheissa esille tulleita hyötyjä ja asiakkaiden toiveita käsitellään aineisto ja tulokset kappaleissa.

Ennen teemahaastatteluja ProDigiOUs -hanketta esiteltiin aiheesta kiinnostuneille ja mahdollisille hankkeessa koulutettaville asiakkaille Kick Off -seminaarissa. Tilaisuuteen osallistui parikymmentä rakennusalan ammattilaista. Seminaarissa suoritettiin lomakekysely, johon lähes jokainen paikalla olija vastasi. Kyselyn avulla saatiin tietoa edustajien kokemuksista, kuinka he ovat hyödyntäneet laserskannausta ja BIM:ia töissään, miksi he ovat lähteneet hankkeeseen sekä millaiset uudistumishalu ja -kyky yrityksillä ovat. Kyselyyn vastanneista muutamaa haastateltiin tässä työssä.

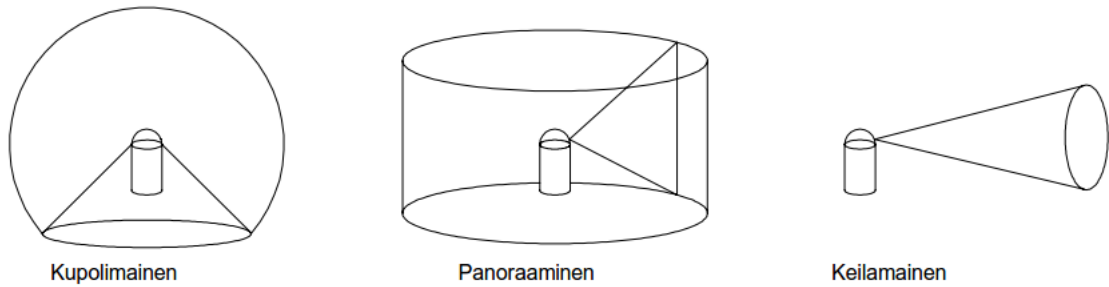
2. KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 Laserskannaus

Laserskannaus on tarkka, nopea ja turvallinen tapa mitata olemassa olevia rakenteita, rakennuksia ja alueita. Yleisin syy laserskannata rakennus on tarkoitus mallintaa kohde suunnitteluvaiheessa. Senaatti-kiinteistöjen tietomallivaatimukset sanovat, että olemassa olevan tilanteen mallintaminen on perusedellytys tietomallipohjaiselle suunnittelulle (BuildingSMART Finland, 2007). Laserskannaus on yksi tapa mallintaa olemassa oleva tila. Laserskannaamalla luotua pistepilvimallia voidaan käyttää referenssinä as-built (rakennuksen tila rakennushankkeen valmistuttua) tai as-is (olemassa olevan rakennuksen hetkinen tila) tietomallin luonnissa. Pistepilvi antaa tarkan mittatiedon kaikista kohteen pisteistä. Perinteisesti mittaamatta jääneitä detaljeita ei tarvitse käydä mittaamassa erikseen. As-is tietomallin luominen suunnittelun lähtökohdaksi on yleistynyt haastavissa korjausrakennuskohteissa, kulttuuriperintökohteiden peruskorjaamisessa sekä tiedonhallinnassa öljy-, kaasu- ja terästeollisuudessa, joissa tarkka sijaintitieto on välttämätöntä (Laing, 2015).

Laserskannerin toiminta perustuu etäisyyttä mittaavaan laseriin. Mittaus tapahtuu joko valon kulkuajan tai vaihe-eron perusteella. Skanneri kohdistetaan, jonka jälkeen se mittaa etäisyydet miljooniin ympäröiviin pisteisiin, riippuen skannauksen halutusta tarkkuudesta. Näistä vektorimuotoisista mitoista skanneri luo ympärilleen pistepilven, joka vastaa ympäröintyä aluetta tai tilaa.

Laserskannerit voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Kaukokartoitus-laserskannereita käytetään 100m-100km etäisyyksille ja niillä saadaan tietoa esimerkiksi pinnanmuodoista lentokoneesta mitattuna. Teollisuuslaserskannereita käytetään alle 30m etäisyydeltä pienien kohteiden tarkkaan mittaamiseen. Rakennusalalla käytetään terresrtial- eli maalaserskannereita, joiden toimintasäde on yleensä 1-300m. Maalaserskannereilla on kolme erilaista mittaustapaa, kupolimainen, panoraaminen sekä keilamainen mittaustapa (kuva 5). (Joala, 2006)



Kuva 3: Maalaserskannerien tyypit (Joala, 2006)

Yleisimmin käytetään kupolimaista mittaustapaa. Sillä mittaamatta jää vain laitteen itsensä alapuolelle rajaama alue. Koska yhdestä pisteestä skannaaminen luo pistepilven vain kyseisestä pisteestä näkyviin pintoihin, kohteen laserskannaus vaatii skannauksia useilta kojeasemilta. Jokainen kojeasema luo erillisen pistepilven. Irralliset pistepilvet täytyy yhdistää tarkoituksen mukaisilla ohjelmilla. Yhdistettävien pistepilvien välillä on oltava tarkepisteitä, jotka tietokoneohjelma pystyy tunnistamaan molemmista pistepilvistä. Tarkepisteinä voidaan käyttää rakennuksen kulma pisteitä tai irrallisia tähyksiä. Tähykset ovat yleensä pallon tai puolipallon muotoisia valkoisia kappaleita, jotka jätetään kahden tai useamman mittapisteen välille laserskannerin tunnistettavaksi. Vaihtoehtoisesti tähyksinä voi käyttää tulostettavia tarkepisteitä.

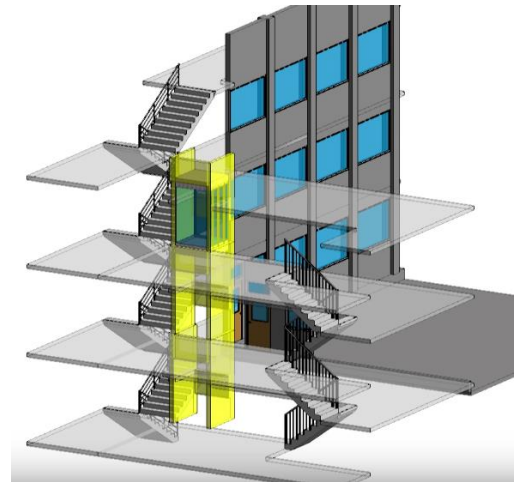
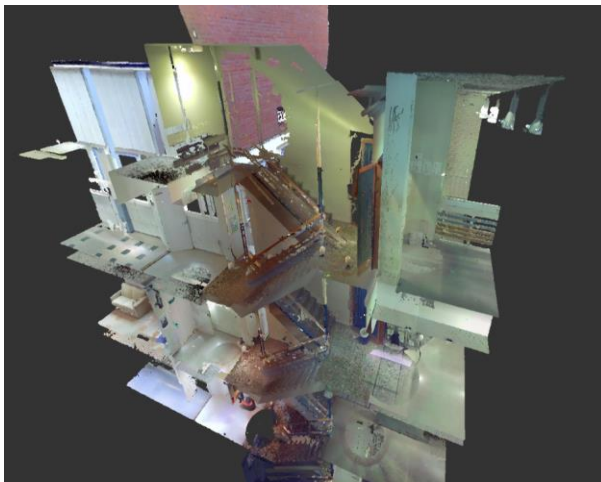
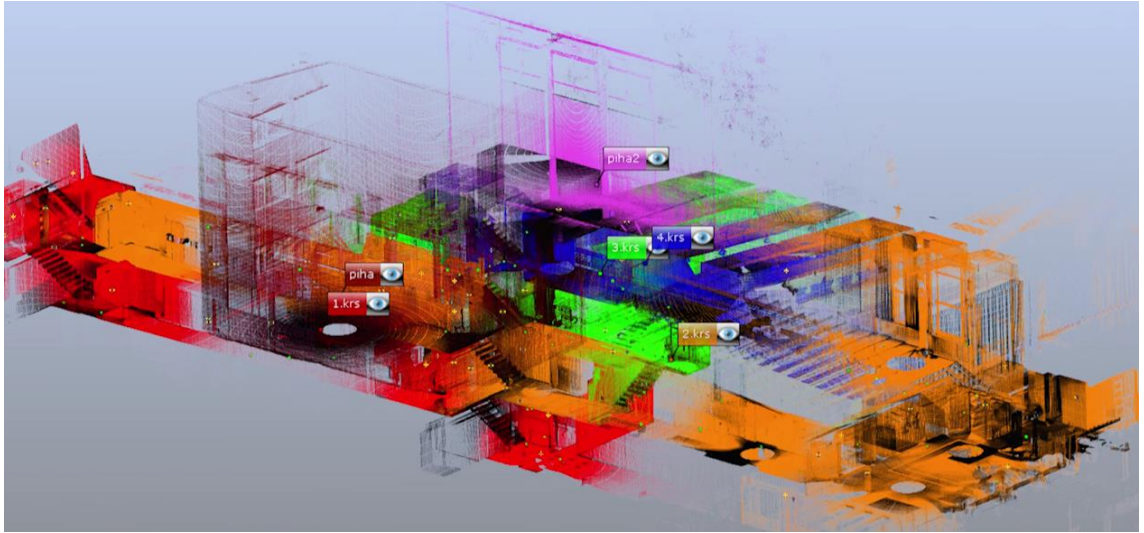
Maalaserskannereilla voidaan päästä yleensä noin +/- 6,35 mm (1/4 tuuma) tarkkuuteen. Joillain laitteilla voidaan päästä +/- 3,2 mm tarkkuuteen, mutta tätä tarkempia tuloksia lupaaviin tahoihin kannattaa asennoitua varauksella. Tällä tarkkuustasolla laserskannaukset ovat luotettavia. Skannaus on nopeaa ja lähtötietojen hankinnassa voidaan säästää aikaa (Hoffman, 2005)

Suomessa käytetyimmät laserskannerimerkit ovat Faro sekä Leica.

Rakennusalalla laserskannaus on tehnyt as-built ja as-is -mallien luomisesta mahdollista. Vanhemmat mittausmenetelmät, kuten takymetri-, mittanauha-, mittateippi- tai kameramittaukset kuluttavat liikaa aikaa ja ovat tulleet liian kalliiksi täydellisen lähtötiedon hankkimista varten. (Tang;Huber;Akinci;Lipman;& Lytle, 2010)

Korjausrakennushankkeissa rakennuksesta luotavasta inventointimallista puhutaan rakennuksen as-is -mallina. As-is -mallin luominen voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: 1) lähtötietojen hankkiminen, joka tehdään tässä tapauksessa laserskannaamalla; 2) tietojen käsittely, missä laserskannausten kojeasemakohtaisista pistepilvistä luodaan yhtenäinen pistepilvi ja pistepilvi muokataan haluttuun tarkkuustasoon; ja 3) tietomallin luominen, pistepilven mukaan luodaan tarkasti kohdetta kuvaava tietomalli. (Tang;Huber;Akinci;Lipman;& Lytle, 2010)

Laserskannauksen suunnittelussa on valittava ensimmäisenä haluttu mittaustarkkuus (vaikuttaa kojeasemien määrään), pistetiheys sekä halutaanko pistedata värillisenä (vaikuttaa kojeasemien mittauksen kesto). Lisäksi on selvítettävä kuinka iso alue ja mitä erityisiä kohteita halutaan skannata. Näillä tiedoilla voidaan suunnitella skannauksen kojeasemien paikat, reitti ja arvioida työn kesto. Käytössä olevissa kohteissa on tarkastettava, onko rakennuksessa mittauksen aikana toimintaa tai milloin mittauksen pääsisi suorittamaan häiriöttä. (Rajala, 2007)

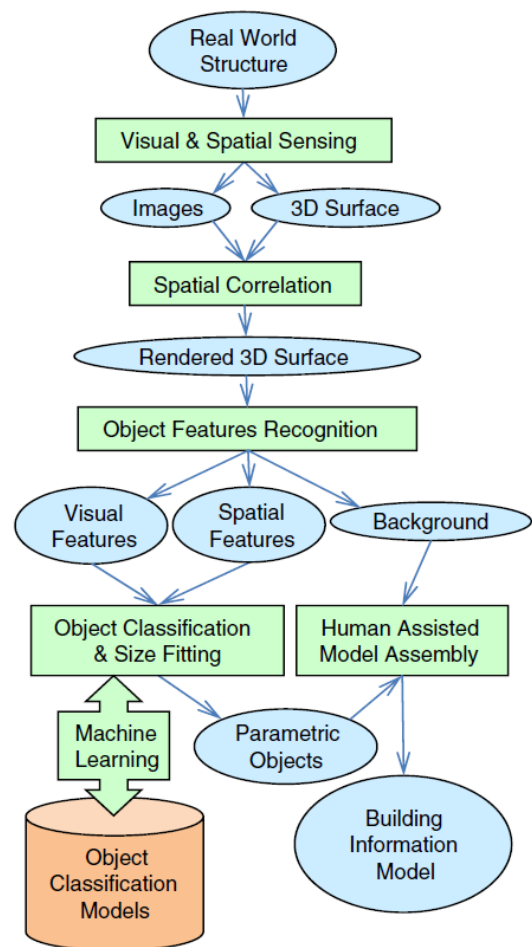


Kuva 4: Case: Lempäälän lukio. ProDigiOUs -hankkeen organisaatio laserskannasi Lempäälän lukion ja loi opastusvideon. 1) Pistepilvet on yhdistetty yhdeksi aineistoksi 2) Pistepilvi on rajattu haluttu kiinnostava osa 3) Rajatusta osasta on luotu tietomalli. Kuvat ovat videolta.

Tietojen käsittely voidaan loittaa, kun haluttu määrä mittauksia on suoritettu. Uusia mittauksia voidaan jälkikäteen lisätä yhdistettyyn pistepilveen, kunhan pistepilvillä on yhteiset tähykset tai pinnat, jotka käytettävä ohjelma tunnistaa. Yksittäisten kojeasemien tuottamat pistepilvet yhdistetään tietokoneella. tiedot syötetään käytettyyn ohjelmaan, joka yhdistää mittaukset automaattisesti tähyksien avulla kohdalleen x,y,z -koordinaatioon. Ohjelmat eivät aina tunnista yhdistetyn ja siihen yhdistettävän pistepilven liittymäkohtaa, jolloin käsittelijän on annettava ohjelmalle tieto alueesta, johon uusi pistepilvi yhdistetään (Tang;Huber;Akinci;Lipman;& Lytle, 2010). Useissa tapauksissa esimerkiksi heijastavista pinnoista aiheutuvia virhepisteitä sekä niin sanottua pintojen värinää yhdistetyissä pinnoissa joudutaan vielä käsittelemään. Esimerkiksi irtokalusteet joudutaan poistamaan pistepilvistä manuaalisesti. (Koskinen, 2015)

Pistepilven pohjalta tietomallin luomisessa on kolme tehtävää: 1) kohteen rakenneosien geometrian mallintaminen, 2) rakenneosien materiaalien sekä pintojen sisään jäävien osien (esim. putkistojen kuilut ja hormit) määrittäminen, ja 3) rakenneosien liittosten mallintaminen. Näitä tehtäviä suoritetaan usein sopivissa lohkoissa limittäin, miten mallintaja on tottunut toimimaan. Päämääränä tehtävillä on saada aikaan geometrisesti pistepilveä vastaava tietomalli. (Tang;Huber;Akinci;Lipman;& Lytle, 2010)

Tietomallin luominen on edelleen pitkälti käsityötä. Yksikään tämän hetkisistä ohjelmista ei pysty sekä yhdistämään ja käsittelemään pistepilveä, että toimimaan mallinnusohjelmana. Lisäksi pistepilvien käsittelyohjelmien ja mallinnusohjelmien koodaustapa on hyvin erityyppinen. Mallinnusohjelmat eivät pysty käsittelemään raakaa pistepilveä ja sen valtavaa datamäärää tietomallin kanssa. Joissain ohjelmissa automaattista kappaleiden tunnistusta on kehitetty, mutta pistepilven kattaessa vian näkyvät pinnat, rakenneosien tunnistusta on hankala koodata luotettavaksi. Vaikeasti mallinnettavissa rakenneosissa, kuten koristerappauksissa tai erityisen mallisissa liittoksissa joudutaan käyttämään useampien ohjelmien työkaluja sopivien pintojen ja muotojen luomiseksi. Yhdysvaltalainen Reality Measurements Inc.



Kuva 5: As-built tietomallin luonti Brikalikesen mukaan (Brikalakis, ym., 2010)

arvioi kokonaismallinnusajasta yli kaksi kolmannesta kuluvan pintojen manuaaliseen tietomallintamiseen. (Brilakis, ym., 2010)

Hankalasti mallinnettavien rakenneosien lisäksi ongelmana on skannauksen suuri tarkkuus. Useimmat mallinnusohjelmat ymmärtävät hyvin 90° kulman, mutta asennetut elementit harvoin ovat täysin suorassa kulmassa. Liian tarkat vaatimukset as-is -mallille lisäävät mallinnuskustannuksia kohtuuttomasti tarpeeseen nähden. Kehityksen myötä voimme saada ideaalisen ohjelman, joka ottaa vastaan raakaa pistedataa, käsittelee datan ja luo tietojen pohjalta tietyin ehdoin määritellyn tietomallin. (Tang;Huber;Akinci;Lipman;& Lytle, 2010)

Laserskannauksen rinnalla on myös toinen jokseenkin mittaustapana samankaltainen menetelmä, digitaalinen fotogrammetria. Fotogrammetria perustuu staattisista kohteista otettaviin kuviin, joista muodostetaan vastaava pistepilvi, kuin laserskannaamalla. Molemmat mittausmenetelmät soveltuvat lähtötiedon hankintaan. Soveltuva menetelmä täytyy valita projektin erityistekijöiden, halutun mittatarkkuuden sekä mittajien osaamisen sekä halun perusteella. (Faltýnova;Matousková;Sedina;& Pavelka, 2016)

As-built ja as-is -tietomallit edistävät projektin suunnittelua, tiedonhallintaa sekä tukevat päätöksen tekoa. Tämä lisää suunnittelun tehokkuutta ja tarkkuutta sekä taloudellisuutta. Tällä hetkellä as-built ja as-is tietomallien mallintaminen on liian paljolti käsityötä. (Brilakis, ym., 2010)

2.2 Tietomallinnuksen kehitys

Rakennusten tietomallintamisen (Building Information Modeling, BIM) esiasteesta puhui ensimmäisenä Douglas C. Engelbart vuonna 1962. Hänen ajatuksenaan oli parantaa ihmisten kykyä lähestyä hankalia ongelmatilanteita uuden tietotekniikan avulla. Engelbartin tutkimuksen päätavoitteina oli löytää ihmisen tiedonkäsittelykykyä rajoittavat tekijät, luoda uudenlaisia tekniikoita ja käytäntöjä ongelmien ratkaisemiseksi sekä kehittää yhteisöä. Erästä tekniikkaa arkkitehdin työkaluksi Engelbart kuvaili:

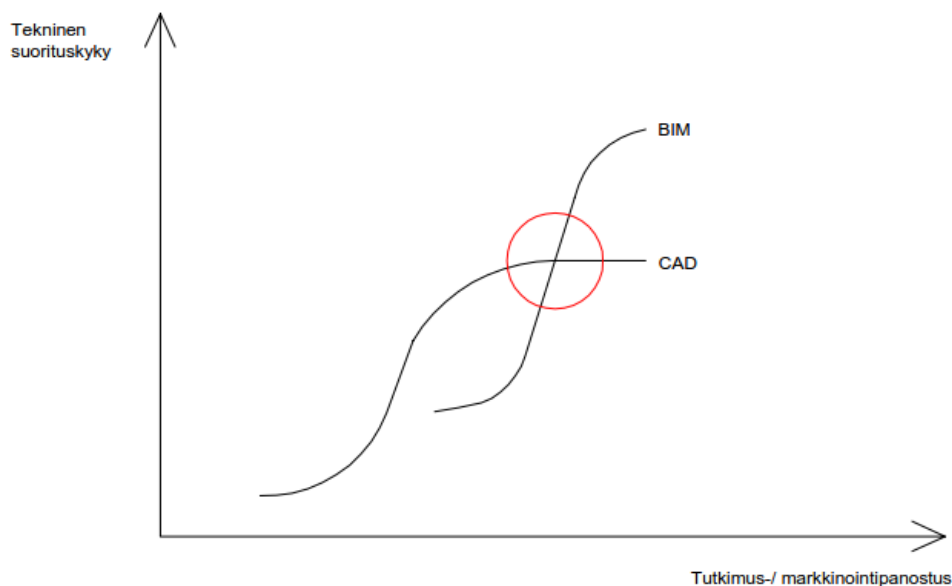
“... The architect next begins to enter a series of specifications and data--a six-inch slab floor, twelve-inch concrete walls eight feet high within the excavation, and so on. When he has finished, the revised scene appears on the screen. A structure is taking shape. He examines it, adjusts it, pauses long enough to ask for handbook or catalog information from the computer at various points, and readjusts accordingly.” (Engelbart, 1962)

Engelbart uskoi kuvauksen mukaisen työskentelytavan sekä ohjelmien olevan saavutettavissa joidenkin vuosien kuluessa. Tietotekniikan kehitys ei ollut riittävän nopeaa vastaavien ohjelmien kehitystä varten. 1960–1980-luvuilla aiheesta tehtiin laajalti tutkimusta, mutta vasta 1990-luvulla Tietomallinnuksen kehitys sai lisää vauhtia rakennus-

alan puutteiden vuoksi. Rakennusalalla jokainen kohde on uniikki. Hankkeissa käsitellään valtavasti monimutkaista tietoa ja kaiken tiedon hallittavuus laskee kilpailukykyä (S. Ford, 1995).

Yhdysvalloissa rakennustieteiden instituutti (National Institute of Building Science) arvioi vuonna 2007 rakennusalan käyttävän 40 % maailman raaka-ainesta. Tästä määrästä 20 % kuluu hukkaan. Näiden raaka-aineiden hyödyntäminen louhinnasta paikalle asennukseen sekä rakennusten käyttö kuluttavat yhdessä vuosittain 40 % maailman energia-tuotannosta. Energian käyttö ja raaka-aineiden jalostus ovat suoraan verrannollisia rakennusalan hiilidioksidipäästöihin. 2007 rakennusalan hankkeiden optimointi tarkoitti hankintakustannusten minimointia. Tietomallintaminen mahdollistaa hukan vähentämisen sekä tehokkuuden parantamisen rakennusten koko elinkaaren ajalle. (Bell, 2007)

BIMin kehityksen hitauteen on vaikuttanut merkittävästi myös perinteinen 2D-pohjainen CAD-suunnittelu. Vaikka BIMilla on suurempi kehityspotentiaali, CAD-suunnittelu (Computer-aided Design) on kehittynyt pidemmän aikaa. Sen suorituskyky suhteessa markkinointipanostukseen on ollut BIMia parempi. Tällä hetkellä rakennusala on teknologian epäjatkuvuuskohdassa (Kuva 4) (Quirk, 2012).



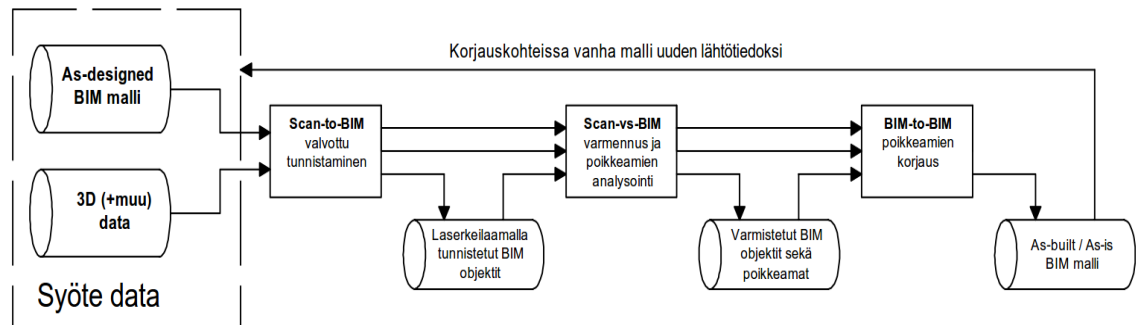
Kuva 6: Teknologian epäjatkuvuuskuvaaja (Valtari, 2004, s. 12)

Kuvan S-käyrät kuvaavat CAD- sekä BIM-tekniikoiden suorituskyvyn kehitystä suhteessa siihen käytettyihin tutkimus ja markkinointiresursseihin. Vaaka-akselilla voitaisiin käyttää myös aikaa, sillä tässä tapauksessa aika sekä käytetyt tutkimus- ja markkinointiresurssit ovat pitkälti verrannollisia toisiinsa. (Valtari, 2004) CAD-suunnittelussa on saa-

vutettu tekniikan lakipiste. Sen kehityspotentiaali on käytetty, eikä merkittäviä parannuksia ole enää luvassa. BIM on optimaalisen kehityksen vaiheessa. Sitä on kehitetty hitaasti pitkään, mutta nyt BIM kehittyy nopeasti, eikä sen rajoitteita vielä tarkasti tunneta.

Viisikymmentä vuotta Engelbartin julkaisun jälkeen BIMin implementointi on edennyt pitkälle suuressa osassa rakennusalan eri osapuolia. Monille yrityksille BIMin hyödyntäminen on arkipäivää. 2013 Rakennustieto Säätiö järjesti *tietomallintamisen käyttö Suomessa* kyselyn. Kyselyyn vastasi 402 erikokoisissa rakennusalan yrityksissä työskentelevää ammattilaista. Heistä neljännes työskenteli arkkitehtitoimistoissa, joka seitsemäs talotekniikan alalla ja loput tasaisesti eri puolilla rakennusala. 65 % vastanneista sanoi käyttävänsä BIMia työssään. Kielteisesti vastanneiden merkittävin selitys käyttämättömyydelle oli se, ettei BIM ulotu kaikille rakennusalan osa-alueille. 90 % vastanneista arvioi käyttävänsä BIMia kolmen vuoden kuluttua. Neljässä vuodessa tietomallintamisen hyödyntäminen on suuressa osassa hankkeita jo toiminnan edellytys (Rakennustietosäätiö, 2013)

Vaikka tietomallinnus on edelleen implementointivaiheessa suuressa osassa rakennusala, sen uusia hyödyntämistapoja kehitetään jatkuvasti. Kehityksen kärjessä ei puhuta pelkistä tietomalleista, vaan esimerkiksi as-designed (= niin kuin on suunniteltu), as-built (= niin kuin on rakennettu) sekä as-is (= niin kuin on tällä hetkellä) BIM malleista (kuva 5).



Kuva 7: Tiedonkäsittelymalli BIM kohteen elinkaarelle (Bosché, 2015, s. 204)

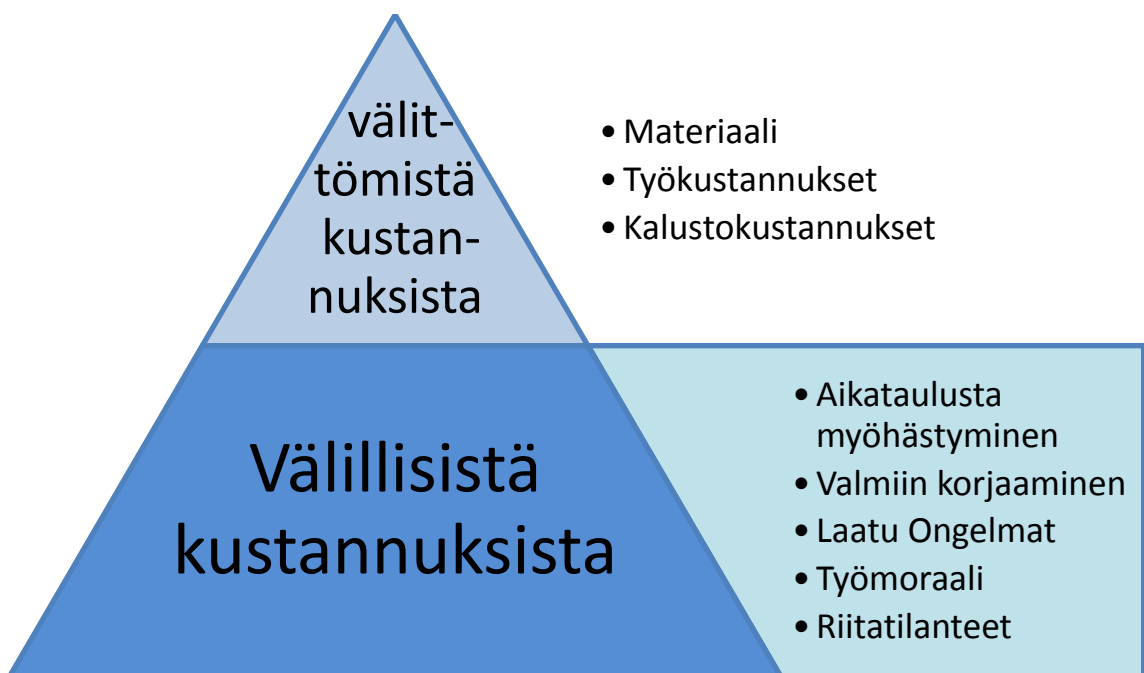
Laserskannauksen käyttöönotolla uudistuotannossa arvioidaan pystyttävän parantamaan laadunvarmistamista niin sanotuilla Scan-vs-BIM -menetelmällä. Se perustuu laserskannaamalla luotavan pistepilvimallin sekä rakennuksen as-designed BIM mallin vertailemiseen. Vertailun avulla voidaan varmistaa asennusten oikeellisuus tarkasti ja päivittää tietomalli ajan tasalle. Scan-vs-BIMia käytetään toteutuneiden rakenteiden ja osien tarkastamiseen. Varsinkin rakennusvaiheessa scan-vs-BIMia hyödyntämällä voidaan suorittaa törmäystarkasteluja, joilla vältetään asennusongelmia etukäteen. (Bosché, 2015)

Vastaavasti Scan-to-BIM -menetelmä lähtee, yleensä korjauskohteissa tai vanhojen suunnitelmien digitoimisessa, kohteen laserskannaamisesta. Scan-to-BIMn etuna on

tarkka tieto olemassa olevista rakenteista, jonka pohjalta voidaan luoda as-built tai as-is BIM malli. (Laing, 2015)

2.3 Hyötyjen määrittäminen

Rakennusalalla potentiaalisia kustannussäästöjä on helppo kuvata jäävuorena (Kuva 4). Veden pinnalla näkyy potentiaaliset säästöt välittömistä kustannuksista, kuten materiaali-, työvoima- ja kalustokustannuksista. Välittömät kustannukset ovat välttämättömiä kohteen rakentamisen kannalta. Niistä on haastavaa saada merkittäviä kustannussäästöjä, vaikka niihin kuluu suuri osa hankkeen panostuksesta. Veden pinnan alle jäävät potentiaaliset säästöt välillisistä kustannuksista, joita hankala ennakoita. Esimerkiksi suunnitelmien yhteentörmäyksestä johtuvat lisätyöt tai korjaukset. Niiden vaikutukset voivat olla merkittäviä koko hankkeen tulokselle ja niiden toteutumista pyritään välttämään. (Construction Industry Institute, 2005)



Kuva 8: Potentiaalisten kustannussäästöjen jäävuorikuvaaja (Construction Industry Institute, 2005)

Laserskannauksella tavoitellaan säästöjä suunnitelmien puutteellisten lähtötietojen aiheuttamista välillisistä kustannuksista, kuten myöhästymisestä johtuvista sakoista tai huonon laadun aiheuttamista reklamaatioista.

BIMin hyötyjä voidaan tarkastella rakennushankkeessa neljään rakennusvaiheeseen: hankesuunnitteluun, toteutussuunnitteluun, rakennusvaiheeseen sekä rakennuksen käyttöön. Kaikissa vaiheissa tietomallista sekä BIMin mahdollistavista toimintatavoista on hyötyjä hankkeiden eri osapuolille.

Useissa epäonnistuneissa rakennushankkeissa osapuolien erimielisyydet johtuvat yhteisymmärryksen puutteesta. Kokematon asiakas ei välttämättä osaa pyytää oikeanlaisia tiloja ja vastaavasti rakennuttaja ei osaa havainnollistaa tiloja asiakkaalle. Valmiista tuotteesta tulee vääränlainen sen käyttötarkoitukseen. Hankesuunnitteluvaiheessa tietomallin avulla tilat voidaan havainnollistaa asiakkaalle. Asiakas pääsee näkemään tilat kolmiulotteisena tai jopa virtuaalisesti kulkemaan tilassa. Tällöin asiakas voi kommentoimaan tilasta asioita, joita rakennusalan ammattilainen ei osaa asiakkaan tarpeista huomioida.

Visualisoinnin lisäksi BIM auttaa hankesuunnittelun muutosten hallinnassa ja kustannusten arvioinnissa. Arkkitehtisuunnittelussa BIMia on voitu hyödyntää muutosten hallinnassa jo pidemmän aikaa. Hankkeen alussa rakennus mallinnetaan karkeina geometrisinä objekteina, joiden luominen on nopeaa ja korjaaminen helppoa. Kun tiloista on saatu luotua asiakasta miellyttävä malli, alkuperäisestä mallista tehdään pohjamalli, jonka päälle aletaan luoda uutta toteutussuunnitelmaa. Tässä toimintamallissa valmista suunnitelmaa ei tarvitse korjata, vaan se luodaan vasta, kun on saatu riittävä määrä pohjatietoa. Suunnitteluun kuluva aika vähenee merkittävästi. Vastaavasti geometriamalliin mallinnetuista tiloista voidaan arvioida hankkeen kustannuksia lähes reaaliajassa, eikä kaikkien muutosten aiheuttamia eroja määrissä tarvitse laskea käsin.

3. TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tässä kappaleessa käydään läpi tutkimusmenetelmän valinta, teemahaastattelututkimuksen asettelu sekä haastatellut henkilöt.

3.1 Tutkimusmenetelmä

Tämän tutkimuksen haastattelumenetelmäksi on valittu teemahaastattelut. Merkittävin tekijä valinnassa on ollut se, ettei laserskannaamista ole hyödynnetty laajasti tietomallintamistarkoituksessa juuri korjausrakentamisessa. Etenkään yhtenäisiin tarkkoihin kysymyksiin ei olisi saatu riittävän laajaa vastausotantaa luotettavan tutkimuksen aikaan saamiseksi. Formaaleja tai strukturoituja haastatteluja tai kyselyitä ei voitu käyttää tutkimuksessa. Resurssit eivät sallineet mittauksia ja niiden pohjalta tehtävää tietomallinnuksen case-tyyppistä tutkimusta.

Sirkka Hirsijärvi kuvaa haastattelututkimuksen etuja ja haittoja kirjassa *Tutki ja kirjoita* seuraavasti:

1. *Ihminen nähdään tutkimustilanteessa subjektina. Hänen on annettava mahdollisuus tuoda esille itseään koskevia asioita mahdollisimman vapaasti. Ihminen on tutkimuksessa merkityksiä tuova aktiivinen osapuoli.*
2. *Kysymyksessä on vähän kartoitettu, tuntematon alue. Tutkijan on vaikea tietää etukäteen vastausten suuntia.*
3. *Halutaan sijoittaa tulos laajempaan kokonaisuuteen. Haastatteluissa on mahdollista nähdä vastaaja, hänen ilmeensä ja eleensä. Haastateltava voi myös kertoa itsestään ja aiheesta laajemmin kuin tutkija pystyy ennakoimaan.*
4. *Jo ennalta tiedetään, että aihe tuottaa vastauksia monitahoisesti ja moniin suuntiin.*
5. *Halutaan selventää saatavia vastauksia.*
6. *Halutaan selventää saatavia tietoja. Voidaan esimerkiksi pyytää perusteluja esitetyille mielipiteille. Lisäkysymyksiä voidaan käyttää tarpeen mukaan.*
7. *Halutaan tutkia arkoja tai vaikeita aiheita.*

(Hirsijärvi, 2007, s. 200)

Lisäksi Hirsijärvi huomauttaa mahdollisuudesta saada haastateltavat henkilöt mukaan tutkimukseen ja heidät voi tavoittaa myöhemmin. Suurin osa haastatelluista henkilöistä oli jo mukana ProDigiOUs -hankkeessa.

Hirsijärven eduista ja haitoista ensimmäiset kuusi kohtaa ovat tämän tutkimuksen kannalta etuja. Haastatteluja käytetään tiedonhankintaan. Kohdat 2, 4, 5 ja 6 ovat ehdottomia

etuja. Haastattelijalla on mahdollisuus tarkentaa kysymyksiä haastateltavien esille tuomista asioista, joihin muutoin ei olisi osattu hakea vastausta. Haastattelut eivät myöskään rajaa erityyppisten haastateltavien osaamisalueita pois, vaan antavat mahdollisuuden keskittyä kyseisen henkilön kokemuksiin. Tämä on olennaista varsinkin tässä tutkimuksessa, sillä rakennusalalla ei vielä ole riittävää määrää saman tyyppisiin hankkeisiin ja osapuoliin erikoistuneita henkilöitä.

Haastatteluissa on myös haastavia puolia. Haastattelujen suunnittelu vie aikaa ja vaatii kokemusta. Haastateltavan taustoihin on hyvä tutustua, jotta haastatteluajan voi hyödyntää mahdollisimman hyvin. Vastaavasti haastattelujen tulokset on analysoitava ja tarpeellisen tiedon esille tuominen on työlästä. Haastatteluihin sisältyy myös virhelähteitä. Virhelähteet johtuvat niin haastattelijasta, haastateltavasta kuin myös haastattelutilanteesta. Haastattelija ei välttämättä osaa esittää oikeita kysymyksiä oikealla tavalla tai voi johdattaa haastateltavaa vastaamaan eri tavalla, kuin hänen omat mielipiteensä ja kokemuksensa kertovat. Haastateltava saattaa vastata kysymyksiin, joiden tiedoista ei ole apua tai vastata epäselvästi. Joissain tapauksissa haastateltava voi kokea itsensä uhatuksi joko haastattelijan, haastattelutilanteen, tietojensa arkaluontoisuuden tai asemansa vuoksi. Etenkin rahasta puhuminen on haastateltaville vaikeaa. Tämän vuoksi taloudellisten hyötyjen selvittäminen haastattelututkimuksella on lähes mahdotonta. (Hirsijärvi, 2007)

3.2 Aineistonkeruu

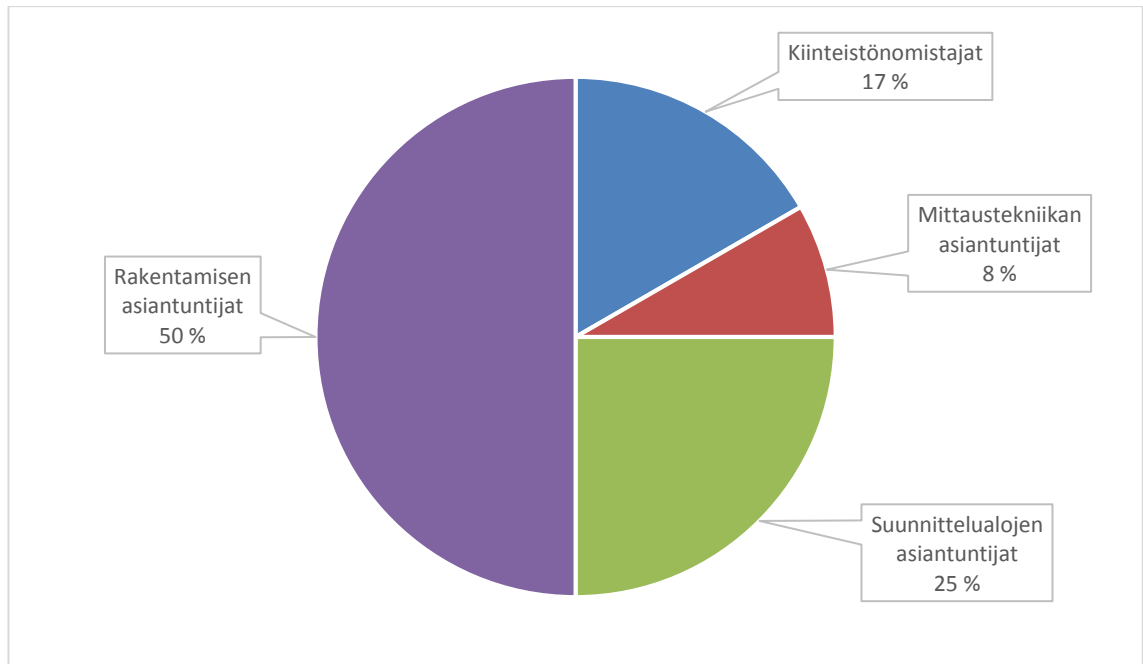
Näissä teemahaastatteluissa keskityttiin laserskannauksen sekä tietomallintamisen hyötyjen selvittämiseen. Tietoa kerättiin kokemuksista sekä uudis- että korjausrakentamisesta. Etenkin tietomallintamisesta kokemuksia on enemmän juuri uudiskohteista.

Teemahaastattelut suoritetaan teemapohjan avulla. Teemojen ensimmäiset kysymykset ovat kaikille vastaajille samat. Seuraavat kysymykset on tarkennettu edellisistä vastauksista ja pyritty saamaan vastaaja kertomaan kustakin aiheesta mahdollisimman tarkasti. Ensimmäiset kysymykset ovat aseteltu avoimesti rakennuksen elinkaaren eri vaiheisiin. Tavoitteena oli saada riittävän luotettavaa ja uskottavaa dataa kaikilta vastaajilta. Eri rakentamisen osapuolten vastaukset samoihin kysymyksiin voivat vaihdella voimakkaasti.

Vastaajat voidaan jakaa neljään eri ryhmään:

- kiinteistönomistajat,
- mittausmekaniikan asiantuntijat,
- suunnittelualojen asiantuntijat sekä
- rakentamisen asiantuntijat.

Tutkimuksessa haastateltiin yhteensä kahtatoista henkilöä.



Kuva 9: Vastaajien jakauma eri ryhmiin

Haastatelluista puolet olivat rakentamisen asiantuntijoita, neljäsosa suunnittelualojen asiantuntijoita, kaksi kiinteistönomistajaa sekä yksi mittaustekniikan asiantuntija. Osan rakentamisen asiantuntijoiksi luokitelluista olisi yhtä hyvin voineet olla myös mittaustekniikan asiantuntijoita.

4. AINEISTO

Aineisto-kappaleessa käydään läpi haastattelujen tulokset. Aineisto pitää sisällään kaikkien haastateltujen vastaukset. Jokainen kappale on aina yhden henkilön haastattelusta ja alaotsikot voivat pitää sisällään useiden henkilöiden vastauksia. Kappaleet on kirjoitettu stilisoidusti haastattelunauhoitusten mukaisesti muuttamatta vastausten asiasisältöä. Yksittäisiä lauseita ei ole myöskään irrotettu kontekstista, vaan vastaukset on pidetty kokonaisina kappaleina. Otsikoinnin avulla vastausten aiheita on jaettu erillisiin kokonaisuuksiin. Haastatteluista on koottu yhtenäinen kokonaisuus.

Jokaisen kappaleen perässä on suluissa merkintä siitä, mitä vastaajaryhmää kappaleen asian kertonut henkilö edustaa. Tämä selkeyttää kappaleiden luettavuutta. Merkinnät ovat:

- (kiinteistönomistajat)
- (mittaustekniikan asiantuntijat)
- (suunnittelualojen asiantuntija)
- (rakentamisen asiantuntijat)

Aineisto on jaettu kahteen alaotsikkoon, joista ensimmäisessä käsitellään itse laserskannausta ja toisessa sen hyödyntämistä rakennusvaiheen eri vaiheissa. Otsikointi perustuu teemahaastattelupohjaan. Koska kappaleet ovat yksittäisten ihmisten vastauksia päällekkäisyyksiltä ei voida täysin välttyä. Aineistoa arvioidaan tulokset-kappaleessa.

4.1 Laserskannaus

Laserskannaus on vanha keksintö, jota on kokeiltu aikaisemmin. Tuolloin kehitys ei ollut valmis tekniikan käyttöönottoon ja koko tekniikasta jäi kallis sekä hidas mielikuva. Kilpailukykyajattelussa epäonnistunut kokeilu on usein jarru. Tekniikan kehityksestä ei olla tietoisia ja päätelmät perustuvat vanhaan tietoon. Laserskannauksen kohdalla kehitys on edennyt siihen pisteeseen, että laserskannaus tekniikkana alkaa olla kypsä käytettäväksi. (rakentamisen asiantuntijat)

4.1.1 Soveltuvat kohteet

Kohteet ovat yleensä suojelukohteita tai monimuotoisia rakenteita, joissa tietomallintaminen on tehtävä käsityönä. Tilaajia ovat olleet pääasiassa suunnittelufirmoja sekä isoja kiinteistöalan yrityksiä. (mittaustekniikan asiantuntija)

Jotkut tilaajat haluavat laserskannauksen siinä vaiheessa, kun aletaan suunnitella muutostyötä, eikä toteutustapaa ole vielä päätetty. Tällöin he voivat lähettää pistepilven jo suunnittelun tarjousvaiheessa suunnittelijoille. Suunnittelijat pystyvät tarjousvaiheessa arvioimaan havainnollisesti, millainen kohde on kyseessä. (mittaustekniikan asiantuntija)

Ideaalitilanne mittauksen suorittamiselle on, ettei tilassa ole enää mitään toimintaa. Lisäksi mitä vähemmän kiinnostavien kohtien edessä on tavaraa, sitä parempi. (Liikekiinteistöissä voidaan haluta, ettei toiminta keskeydy) Mitä enempi tavaraa tiloissa on, sitä enempi mittausta tarvitsee suunnitella ja sitä enemmän siihen menee aikaa. Lisäksi jälkikäsitellyssä voidaan haluta poistaa tavarat ja laitteet, mikä teettää paljon työtä. Yleensä oikea hetki skannaamiselle on tilojen tyhjentämisen jälkeen ennen purkamista tai kevyiden rakenteiden purkamisen jälkeen. Mittaus on kuitenkin suhteellisen nopeaa, joten mitaus voidaan jättää myöhempäänkin vaiheeseen. Suurin osa mittauksen kestosta syntyy tavaroiden siirtelystä, jos niitä on jäljellä. Joskus voi olla, että halutaan mitata vain ole-massa olevat rakenteet ja laitteet, kuten talotekniikkajärjestelmät. (rakentamisen asiantuntijat)

Paras aika skannata, on kun tilat ovat tyhjä. Tyhjä tila sinänsä eivät vaikuta mallinnuksen hintaan, mutta irtokalusteet hidastavat skannausta ja voivat lisätä mittausasemien määrää. Mallinnuksessa irtokalusteet hankaloittavat seinäpintojen mallintamista, kun seinäpinnasta on esillä vain pieni osa. (mittaustekniikan asiantuntija)

Kohteissa olevia erityisiä paikkoja voidaan laserskannata 3D-pintamallin tuottamiseksi. Kohteet voivat olla suuria hankalasti mitattavia kappaleita, joiden mallintaminen pelkkien mittojen avulla voisi olla lähes mahdotonta. (rakentamisen asiantuntijat)

Monissa kohteissa pienoiskopterin (drone) fotogrammetrisen kuvauksen hyödyntäminen olisi täysin riittävää. Katon muotojen ja räystäiden pinnat saa dronella huomattavasti helpommin, nopeammin ja erityisesti turvallisemmin, kuin käsin mittaamalla. Hieman tarkkuus taso fotogrammetriassa kärsii, muttei merkittävästi. (suunnittelualojen asiantuntija)

Rakennusfirmoissa etenkin mestarit kyllä ymmärtävät laserskannauksen tarpeellisuuden hankalissa kohteissa, mutta kun he vievät asiaa eteenpäin, asia hukkuu usein byrokraatiaan ja hintaan. (mittaustekniikan asiantuntija)

Laserskannaus tehdään yleensä suunnittelijoiden mielenkiinnosta ja tarpeesta. Asiakkaat eivät yleensä vaadi tai halua sitä. Joillekin asiakkaille on vaikea perustella tarvetta, vaikka sillä voitaisiin helpottaa rakennustyötä. (suunnittelualojen asiantuntija)

4.1.2 Skannausten vaatimustaso

Laserskannausten tilauksien laatuvaatimukset ovat hyvin kirjavia. Osa tietää tarkkaan mitä he haluavat ja osalle täytyy antaa vaihtoehtoja (tilaajalla ei ole tarkkaa tietoa mitä haluaa). Tarjouksen tekeminen on huomattavasti helpompaa, jos asiakas tietää mitä haluaa. Esimerkiksi mikä on pistetiheys, halutaanko värillistä pistedataa (valokuvaavalla

skannerilla) ja millainen kohde on kyseessä. Jos lopputuotteen sisällöstä täytyy tehdä esimerkiksi kolme eri vaihtoehtoa, se teettää suuren työn ja näkyy tarjoushinnassa. Parhaimmillaan tilaaja antaa minimi pistetiheyden, datan tarkkuuden sekä erityiset detaljit kohteessa. Tällöin voi arvioida tarkasti mittausasemien paikat sekä mittauksen resoluution. (mittaustekniikan asiantuntija)

Tilojen olemus vaikuttaa myös parhaaseen mahdolliseen laserskannaustasoon. Tyhjissä tiloissa voidaan puhua muutamien millien tarkkuudesta, mutta jos huoneissa on irtokalusteita, niin voidaan puhua senttien tarkkuudesta. Tarkimman mittauksen skannausaika voi olla 4-5ertainen epätarkimpaan verrattuna. (mittaustekniikan asiantuntija)

4.1.3 Lisäarvoa tilaajalle

Laserskannaus on mittausmenetelmä. Ei tilaaja ole valmis maksamaan siitä enempää, kuin muistakaan tavoista, jollei sillä ole jotain muuta arvoa. (kiinteistön omistajat)

Kiinteistöjen omistajan kannalta tietomallinnuksesta olisi tarpeellista saada tietoa. Esimerkiksi taloteknisten järjestelmien ja laitteiden tyypit, ominaisuudet ja niin edelleen. (kiinteistön omistajat)

Omistajan tarpeeseen vaikuttaa kohteen ja tilojen vuokrausaika. On eri asia korjata kolmeksi vuodeksi, kuin viideksitoista vuodeksi. Korjattava kiinteistö tulee usein pysymään omistajalla tietyn ajanjakson. Laserskannauksesta pitäisi saada käytön aikana jotain konkreettista hyötyä, jolla voitaisiin perustella käytettävä raha. Laajoissa betonirungolle tehtävissä peruskorjauksissa laserskannauksesta saa vain rungon tiedot. Ne saa nopeammin ja halvemmalla myös vanhoista rakennepiirustuksista. (kiinteistön omistajat)

Merkittävin etu laserskannauksessa on se, että hankkeen alusta asti tietää, että suunnitelmat osuvat kohdilleen. Lisäksi kun kohteeseen tehdään muutoksia ja on oletettavaa, että muutoksia tehdään jatkossakin, niin siinä vaiheessa laserskannauksen hyöty kertaantuu. Varsinkin siinä tapauksessa, kun kohteen varsinaisen toiminnan aikana tehdään pieniä parannuksia ympäri rakennusta. Joissain ympäristöissä on todettu, että laserskannaus on ainoa tapa varmistaa suunnittelun sujuvuus. (suunnittelualojen asiantuntija)

Vanhasta rakennuksesta voidaan laserskannata ja mallintaa erityisiä osia, jotka ovat mittojensa vuoksi merkityksellisiä joihinkin tiettyihin työvaiheisiin. Esimerkiksi hissien uusiminen vaatii todella tarkat mitat hissikuilusta. Pistepilvimallin mittojen avulla toimittaja voi suunnitella hissien tarkoin detaljein, jolloin lisä- ja muutostöiden määrä laskee. Vaihtoehtoisesti voidaan haluta entisöidä vanhoja rakennuksia saman näköisiksi. Tällöin pistepilvimallista voidaan katsoa koristeosien tarkkoja mittoja tai esimerkiksi tiililadonnan muoto. (rakentamisen asiantuntijat)

Kuvallisesta laserskannauksesta voi olla hyötyä esimerkiksi siinä, kun halutaan varmistaa vanhan värimaailman tietoja. Vuokraustoiminnassa tarvitsee aina välillä tarkastaa kohteiden neliöitä. Laserskannerilla menee muutama minuutti per huone, kun taas mittanauhan tai etäisyyslaserin kanssa menisi vartti. Kohteissa, joissa epäillään rakenteiden liikkumista, voidaan mitata esim. kerran kuussa ja todentaa liikkeet. (mittaustekniikan asiantuntija)

Laserskannauksella voidaan välttää ainakin kohteessa paikan päällä tehdyt mittaukset, jotka joka tapauksessa tulisivat maksamaan suunnittelijan tai mittauspalvelun palkkiot. Ei ole välttämättä hyödyllistä maksaa suunnittelijalle käynnistä työmaalla. Lisäksi suunnittelija ei välttämättä osaa budjetoida tarjoukseen kohteessa käyntejä, joka on epäedullista hänen liiketoiminnalleen. Pahimmassa tapauksessa suunnittelu voidaan tehdä eri maassa, kuin missä kohde sijaitsee. Yksittäisten mittojen saaminen kaukaisesta kohteesta on hankalaa ja kallista. (rakentamisen asiantuntijat)

Määrä- ja kustannuslaskennassa pistepilvimallista on hyötyä inventointimallin luomisen referenssinä, josta määrä- ja kustannustietoja voidaan laskea. Olennaisesti pistepilvi tarkentaa määrälaskentaa. Tarkan mittatiedon avulla voidaan arvioida mihin mitäkin tulee ja arviot saadaan kerralla oikein. Mitä ei välttämättä tulla ajatelleeksi, koordinaatistoon tehtävä inventointimalli antaa myös rakenteiden paikkatiedon automaattisesti myös sisätiloissa. Tulevaisuudessa tällaisella tiedolla voi olla suurtakin merkitystä. Esimerkiksi talotekniikan mittari-antureiden sijainti saadaan selville. (rakentamisen asiantuntijat)

Lähtökohtaisesti korjauskohteiden urakkalaskennassa on suuri riskivaraus. Jos tätä riskiä voitaisiin pienentää tarkempien lähtötietojen avulla, myös tarjousten hinta laskisi. Siitä syntyisi selkeää säästöä tilaajalle, mutta on vaikea arvioida, kuinka suurista säästöistä on kyse. Samoin voisi kuvitella, että riskien pienentyessä urakoitsijat eivät välttämättä pyrkisi saamaan menetettyä katetta lisä- ja muutostöiden avulla takaisin. Tämä vähentäisi lisä- ja muutostöiden määrää. (rakentamisen asiantuntijat)

Mittausmenetelmänä laserskannaus päihittää vanhat menetelmät ajassa ja kustannuksissa. Lisäksi määrä ja laatu ovat vanhoihin menetelmiin verrattuna ylivertaista. (rakentamisen asiantuntijat)

Tietysti on huomattava, ettei laserskannaus kerro mitään rakenteista, materiaaleista tai niiden vaatimista erikoistyötavoista. Esimerkiksi asbestia skannaus ei paljasta. Laserskannauksella voidaan arvioida rakennuksen kompleksisuutta ja määritellä tarkemmin, mitä rakenteita ja missä järjestyksessä kannattaa tai voi purkaa. (rakentamisen asiantuntijat)

Mitä enemmän kohteessa on käyttötarkoituksia mittatarkalle kohteen kuvannukselle, sitä enemmän hyötyä laserskannauksesta saadaan kohteen elinkaaren aikana. Asiaa kannattaa miettiä myös tilaajan kannalta siten, että mitä jos skannaus suoritettaisiin ennen viimeisiä pintoja ja skannaus esittäisi toteumaa. Huoltotöiden suunnittelussa kaikki talotekniikka voitaisiin nähdä tarkasti. avaamatta rakenteita. (suunnittelualojen asiantuntija)

Suunnittelumalli jää usein viimeisimmäksi tiedoksi kohteesta. Jos sitä esitetään koherenttina kokonaisuutena suunnitelmista, niin tiedon uudelleenkäyttäjät olettavat mallin pitävän paikkansa. Ongelmaksi muodostuu se, että uudelleenkäyttäjät käyttävät tietoa faktana, vaikka se vastaa vain alkuperäistä suunnitelmaa. Todellisuudessa kohteessa voi olla merkittäviä mittavirheitä, joita ei ole päivitetty suunnitelmiin. Valmiin kohteen laserskannaus tuottaisi takuuvarmasti rakennuksen as-build mallin. (rakentamisen asiantuntijat)

Toteumamallin laatiminen pitäisi ottaa vakavasti. Tällä hetkellä toteumamallin tekeminen on sitä, että suunnittelijat varmistuvat siitä, että heillä on oikeat laitetiedot talotekniikkalaitteissa, mutta oikeasti pitäisi ottaa myös huomioon oikea mittatieto. (rakentamisen asiantuntijat)

Korjauskohteissa LVISA-suunnittelussa tulee aina yllätyksiä ja ongelmia. Kun vanhoista malleista otetaan rungon vanhat mittatiedot ja niihin sovitetaan uudet putket ja sähkölinjat, niin pienikin mittavirhe voi aiheuttaa kertautuvia ongelmia. Esimerkiksi alakaton laskeaminen ja kotelointi näkyvät tilaajalle jo konkreettisena laadun alenemisena. Talotekniikassa kovien pintojen liittymät eivät niinkään tule ongelmaksi, vaan yksinkertaisesti tilanpuute. (rakentamisen asiantuntijat)

4.1.4 Skannausten suunnittelu

Mittauksien ajankäyttö kannattaa suunnitella kojeasemakohtaisesti. Yksi kojeasema vie aina tietyn ajan. Aika riippuu hieman tilojen ahtaudesta. Oletuksena voisi ajatella, että mikäli tila ylittää tietyn neliömäärän tai huoneen muoto sitä edellyttää, niin huoneessa suoritetaan useampi, kuin yksi skannaus. Tällaisia laskukaavoja voisi ajatella skannauksen tarjoamista helpottamaan. Lähtökohtaisesti aika kuluu siihen, että laite käynnistetään ja siirretään seuraavalle kojeasemalle. Kuluva aika on tarkasti arvioitavissa. Kohteesta riippuen yhdellä kojeasemalla maalaserskannerin avulla skannaten aikaa kuluu noin 5–15 minuuttia. Itse skannaus kestää muutaman minuutin, valokuvien ottaminen kolme minuuttia ja siirto loput. Laitteet ilmoittavat kuinka kauan yhden aseman skannaus kestää ja oheistoimet skannerin siirtoineen voidaan arvioida muutaman minuutin tarkkuudella. (rakentamisen asiantuntijat)

Oheistoimiin skannauksen alussa vaikuttaa myös halutaanko pistedata globaaliin koordinaatistoon, lokaalisti esimerkiksi vain kohteen sisäiseen koordinaatistoon vai skannaataanko pieni kohde kerralla tähyksien avulla. Mikäli skannattava kohde on niin suuri, ettei sitä pystytä skannaamaan kerralla, on skannaukselle määritettävä vähintään lokaali koordinaatisto tai tähykset on asennettava kiinteiksi. Globaaliin koordinaatistoon yhdistäminen vaatii täkymetrimittauksen skannauksen aluksi. Siihen kuluu oma aikansa. Joissain tapauksissa kiinteän tähyksverkoston asentaminen voi olla kannattavaa, jos kohdetta halutaan skannata tietyin väliajoin käytön aikana. Tulevaisuudessa voidaan käyttää niin sanottuja älypisteitä, joista skanneri osaa lukea ja hakea tarkat koordinaatit pilvipalvelusta.

Kohteen pohjakuvan perusteella kaikki kojeasemat ja siirrot voidaan suunnitella niin, ettei niitä tarvitse arvata paikanpäällä. (rakentamisen asiantuntijat)

Pelkkä kuutio- tai neliömäärä ei kerro sisätilojen mittaamisesta yhtään mitään. Suuressa hallissa haluttu data saavutetaan muutamalla skannauksella, kun taas toimistotilassa jokainen huone on skannattava erikseen. Mittauksessa voi olla kymmenkertainen kesto vaikka kohteet ovat samankokoisia. (rakentamisen asiantuntijat)

Vastuu laserskannauksen toteutuksesta olisi hyvä olla pääsuunnittelijalla. Silloin myös pistedatan käsittelyyn voidaan antaa selkeät ohjeet ja inventointi mallinnus suoritetaan yhteisesti sovitulla ohjelmalla. Voi olla, että hankkeen pääsuunnittelijaa ei ole vielä päätetty ja konsulttitoimisto tai muu kolmas osapuoli hoitaa skannauksen ja inventointimallinnuksen. Siinä on huomioitava se, missä formaatissa tieto annetaan eteenpäin. Jos inventointimallintaja mallintaa vaikean kohteen Revitillä, sen vieminen IFC-formaattiin on hankalaa ja kohteen arkkitehdiltä pitäisi vaatia työn suunnittelu Revitillä. Jos arkkitehti tekee mallinnuksen ArchiCADilla, IFC:n yhteensovittaminen on haaste. (rakentamisen asiantuntijat)

4.1.5 Skannausten suoritus

Mittausmenetelmänä laserskannaus kertoo vain totuuden. Vanhat pohjakuvat ovat vain jonkun ajankohdan oletusarvo siitä, miltä rakennuksen on pitänyt näyttää. Ennen kuin kuvien paikkansapitävyys on varmistettu, on tehty jo paljonylimääräistä työtä. (rakentamisen asiantuntijat)

Laserskannaus asemoidaan takymetrillä. Jos kohteen lähistöllä on hyviä asemapistettä, niin asemointi takymetrillä kestää vain hetken, mutta jos asema täytyy tuoda esimerkiksi ulkoa, siinä voi mennä tunteja. Identifioituja tähyksiä (QR-koodi) on olemassa, mutta niitä on vain tietyn verran. Ohjelmat tunnistavat nämä pisteet varsin hyvin, mutta niitä täytyisi olla vähintään kolme, jotta ohjelmat pystyisivät asemoimaan mallin. (mittaustekniikan asiantuntija)

Ihanteellinen tila on se, että skannauksia otetaan sitä mukaan, kun kohdetta puretaan. Esimerkiksi oli eräs kohde, jossa skannauksia oli tehty sen mukaan, kun seinäpintoja purettiin. tässä tapauksessa mallien yhdistäminen riippui pitkälti siitä, oliko aiemman skannauksen pintoja vielä jäljellä ja pystyttiinkö pistepilvet yhdistää vanhojen tähyksien kohtiin. Jos kaikki vanhat pinnat on poistettu, skannaus täytyy asemoida uudestaan. Kiinteitä tähyksiä voidaan hyödyntää tällaista mallien yhdistämistä. Tällainen moneen kertaan skannaus sopii hankaliin kohteisiin, joissa purettavia kerroksia on useita. Toisaalta etenkin arvokiinteistöissä kiinteiden tähyksien poraaminen voi olla ehdottoman kiellettyä. (mittaustekniikan asiantuntija)

Ilmaskannauksella on kaksi toteutustapaa. Jos skannaus suoritetaan laserskannaamalla, tarkkuus on mittojen osalta parempi, kuin fotogrametrisillä menetelmillä. Toisaalta jos

lähdetään fotogrametrisesti valokuvista liikkeelle, sääolosuhteet ja muut vaikuttavat mittojen tarkkuuteen ja aiheuttaa virhemahdollisuuden. Fotogrametrisen pistemallinnuksen tarkkuustaso voidaan saada kuitenkin luotettavalle tasolle. Ilmaskannauksia hyödynnetään varsinkin maanmittauslaitoksella. (rakentamisen asiantuntijat)

4.1.6 Mittausaineiston käsittely

Pistepilven käsittely lähtee siitä, että yhdistetään kojeasemat yhdeksi isoksi kokonaisuudeksi. Isoin asia on niin sanottu rekisteröinti, eli pisteiden yhdistäminen. Tämän jälkeen värit yhdistetään pistedataan. Nämä vaiheet on automatisoituja ja aika kuluu lähinnä halutun laatutason varmistamiseen. Yleensä käsipelillä tehdään vain pistedatan suodatus, eli pisteiden kohinan, tarpeettoman datan sekä virheellisten pisteiden poisto. Tähänkin on olemassa automatisoituja metodeja, mutta viimeistely tehdään käsin. Viimeistelyyn voi kuluttaa runsaasti aikaa, mutta se riippuu taas halutusta laatutasosta ja pistedatan käyttötarkoituksesta. Tietomallintamisen referenssimallina viimeistelyä ei tarvitse tehdä yhtä tarkasti, kuin esimerkiksi jos pisteistä tehdään pintamalli. Toinen pistedatan viimeistelyyn vaikuttaa myös jatkojalostus, millä sovelluksella dataa tullaan hyödyntämään ja mitä nämä ohjelmat pistedatalta vaativat. (rakentamisen asiantuntijat)

Skannerivalmistajilla on omia ohjelmia, mutta on olemassa myös kaupallisia ja open-source ohjelmia, kuten CloudCompare Autodeskillä sekä ArchiCAD Rhyno. (rakentamisen asiantuntijat)

Yhdenpäivän mittausdatan käsittelystä selviää yleensä parissa tunnissa. Riippuen kohteen laajuudesta sekä yhdistettävien kojeasemien määrästä, voidaan puhua tunneista – päivään. Käsittely aika pitenee merkittävästi, mikäli asiakas haluaa, että pistepilvestä poistetaan esimerkiksi irtokalusteet. Se on sitten hirveä savotta saada ne kaikki pois. Onneksi tällaisia kohteita on vähemmän. Joissain kohteissa, varsinkin vanhoissa koulurakennuksissa tai toimistoissa rakennukset voivat olla täysin käytössä vielä mittauksen aikana. (mittaustekniikan asiantuntija)

Jos aineiston käsittelyyn kuluu esimerkiksi 20 tuntia, se alkaa maksaa liikaa. Tuossa ajassa pienemmän kerrostalon kerkeäisi jo mallintaa. (suunnittelualojen asiantuntija)

Skannausaineistossa on rajoituksia. Tiedostojen koot kasvavat erittäin nopeasti, jos tarkkuustasoa kasvatetaan määrättömästi. Useiden gigatavujen tiedostot pyörivät ohjelmissa ongelmitta. Suurempia tiedostoja osa ohjelmista ei pysty avaamaan. (suunnittelualojen asiantuntija)

Pistepilvidatalla ei tällä hetkellä ole olemassa standardiformaattia, mutta käytännössä kaikki formaatit toimivat samalla tavalla. Pistepilvidata sisältää yksinkertaisia pisteitä x-, y- ja z-akselien mukaisesti, joilla voi olla asetettuna värikoodi tai harmaansävyn heijastavuuden arvo. Koodaustavoissa voi olla eroja, mutta kaikista formaateista löytyy nämä perusparametrit. Tiedostomuotoja voidaan vaihdella ja konvertoida toisiin formaatteihin.

Datan pistetiheys riippuu käytetystä mittausmenetelmästä ja –etäisyydestä. Samankaltaisten formaattien ansiosta erimenetelmillä tehdyt mittaukset, kuten ilmaskannauksen sekä maalaserskannauksen datat voidaan yhdistää yhdeksi kattavaksi malliksi, jos siihen on tarvetta (rakentamisen asiantuntijat)

4.1.7 Suunnittelu pistedatan perusteella

Laserskannaus muuttaa hieman normaalin suunnitteluprosessin ideologiaa. Normaalisti suunnittelussa lähdetään anturoista liikkeelle ja siitä ylös, pistepilven pohjalta lähdetään alimmasta kerroksesta. Skannatun mallinnuksen tarkkuustaso on tietenkin parempi. Lähipinnalla vanhojen piirustusten virheet aiheuttavat ongelmia suunnitelmiin. Lisäksi kerrosten välisiä eroja on helppo vertailla pistepilvestä. (suunnittelualojen asiantuntija)

Pistepilven kanssa suunnittelun työmäärä voi olla jopa isompi. Tarkan mittatiedon kanssa suunnittelijan on varmistettava esimerkiksi kerrosten keskinäinen vastaavuus ennen niiden kopiointia. Oikaiseminen on mahdollista, mutta ei usein onnistu. (suunnittelualojen asiantuntija)

Pienten kohtien skannauksesta voidaan saada merkittävästi aikatauluhyötyä korjauskohteissa. Koko rakennuksen skannaus ja pistepilven avulla mallinnus on tällä hetkellä hitaampaa. (suunnittelualojen asiantuntija)

Se millä skannatun kohteen suunnittelu nopeutuu, on tilanne, jossa suunnitelmiin joudutaan tekemään paljon muutoksia epätarkkuuden vuoksi. Esimerkiksi kerran jouduttiin ensin mallintamaan kohde vanhojen suunnitelmien mukaan. Tämän jälkeen mitattiin kellari sekä ullakko niiden mallintamiseksi. Lopuksi vielä jouduttiin tarkemmitaamaan kohde yhteensopivuusongelmien vuoksi. Tässä tilanteessa, jos kohde olisi alusta asti laserskannattu, koko prosessissa olisi säästetty huomattavasti aikaa. Tällaisia kohteita tulee eteen melko usein. Optimitalanteessa, kun korjattava rakennus on melko simppele ja suunnitelmat pitävät paikkansa, laserskannauksesta ei ole hyötyä. (suunnittelualojen asiantuntija)

Mikäli kohteesta tilataan laserskannauksen lisäksi CAD-pohjainen tietomalli, mallinnukseen kuluvaan aikaan vaikuttaa neliöiden, detaljien sekä erillisten tilojen määrä. Yksittäisen huonetilan mallintamiseen aukkoineen ilman tarkkoja detaljeja voisi mennä muutama tunti Faron PointCloudilla. (mittaustekniikan asiantuntija)

Jos kohteesta tehdään karkea elementtimalli noin senttimetrin tarkkuudella ja jätetään tarkemmat detaljit pois (esim ikkunan karmit), niin isonkin rakennuksen voi mallintaa hyvinkin nopeasti. Rakennuksesta riippuen 1-3 pv. Tarkemmalla tasolla mallinnus voi viedä jopa kuukauden. (mittaustekniikan asiantuntija)

Mallinnuksen taso riippuu täysin tilaajasta. Jotkut tilaajat vaativat tietyn tiedostomuodon, tasolistan sekä elementtien värit. Toiset ilmoittavat vain haluavansa mallin. Osa asiakkaista haluaa pelkän pistepilven. Pistepilvestä saa varsinkin suunnitteluun enempi ja tar-

kempaa tietoa. Pistepilveä kysytään varsinkin vanhoissa kohteissa, joissa toteuma ei välttämättä vastaa suunnitelmia ja esimerkiksi seinät voivat olla vinoja. (mittaustekniikan asiantuntija)

Erialojen resursseja hyödynnetään todella vähän. Esimerkiksi rakennusalalla, teollisuudessa ja tietotekniikassa ei tunneta riittävästi toisten alojen tekemistä. Nämä pitäisi saada kompaktiin pakettiin ja osaavat ihmiset yhteen. Vielä ei hyödynnetä täysmääräisesti sitä, että BIM-maailmassa korostuu algoritmien avulla tehtävien automatisointi. Nyt vain tarvittaisiin ne henkilöt, jotka koodaisivat nämä algoritmit. Rakennusinsinöörit eivät ole perehtyneet koodaamiseen, joten tämä kuilu pitäisi ylittää ja saada tietotekniikan osaajat toimimaan rakennusalalla. Tällä alojen rajapinnalla on paljon mahdollisuuksia. Siihen tarvittaisiin vain resursseja. (rakentamisen asiantuntijat)

Tietotekniikan kannalta tietomallinnuksessa ja laserskannaamisessa puhutaan hyvin yksinkertaisista asioista. Kolme koordinaattia, pisteet, pinta-alat ja tilavuudet ovat varsin yksinkertaisia käsitteitä. Kehitystä pitäisi suunnata siihen, että suurimman osan kaikesta laskennasta saataisiin nappia painamalla. (rakentamisen asiantuntijat)

Tavoitellaanko tekniikalta liikaa, kun vähempikin riittäisi?

4.1.8 Resurssit

Mittausaika riippuu siitä, kuinka paljon on erillisiä tiloja. Jos on vain vähän suuria tiloja, mittausajan ja kojeasemat voi jokseenkin arvioida tilavuuden perusteella. Jos taas rakennuksessa on paljon pieniä koppeeroita, aika täytyy arvioida pitkälti kojeasemien perusteella. (suunnittelualojen asiantuntija)

2D kuva on nopea ja helppo tehdä, yksi tila on muutamasta minuutista pariinkymmeneen minuuttiin. 3D malli vaatii enempi aikaa. Täydellisiä tietomalleja tilataan harvemmin mitaustoimistoilta. Jotkut suunnittelijat haluavat esimerkiksi valmiin revit pohjan, johon jatkaa mallinnusta. Jotkut haluavat tehdä mallinnuksen itse. Mittaustoimistoilla on usein yhteistyökumppani, jonka kautta voidaan toimittaa malli käytännössä missä tahansa formaatissa. (suunnittelualojen asiantuntija)

4.1.9 Nykyiset asiakasprofiilit

Laserskannausta tilaavat julkisivuelementtiefirmoista suunnittelu ja rakennusfirmoihin. Ongelmana on se, että laserskannaus ja inventointimallinnus ovat varsin hintavia. Taloudellisesti se on kuitenkin kannattavaa, ettei suunnittelijoiden tarvitse käydä hakemassa yksittäisten kohtien detaljeja. Lisäksi suunnittelija tai tilaaja pystyy saman tien arvioimaan rakennuksen nykytilaa. (mittaustekniikan asiantuntija)

Teollisuuspuolelta on tullut tiedusteluja, mutta tiedustelijat eivät ilmeisesti ole saaneet vielä puhuttua asiaa esimiehilleen. He pystyisivät suunnittelemaan uusien koneiden sijoittelun ja tarkastamaan putkilinjat yms. Teollisuuteen ei ole kuitenkaan skannattu vielä mitään. Voi olla, että jossain vaiheessa skannataan paljonkin. Jos vain saisi rakennettua oikealaisen, edullisen, konseptin. (mittaustekniikan asiantuntija)

4.1.10 Haasteet

Kohteen mallintamista varten hankittavan laserskannuksen osalta vinojen seinien mittaaminen on ongelma. Vinojen pintojen huomioinnista ei ole olemassa kunnollista ohjeistusta ja niiden mallintaminen on hankalaa. Tietysti riippuu pitkälti siitä, mihin tarkoitukseen inventointimallia ollaan luomassa. (rakentamisen asiantuntijat)

Tarkan inventointimallin luominen pistepilvestä vinoine pintoineen on mahdollista, mutta ei todellakaan nopeaa tai helppoa. Esimerkiksi Revit taipuu vapaiden pintojen mallinnukseen. Vapaa pintaisella inventointimallilla ei yleensä ole riittävän paljoa hyödyntämismahdollisuuksia työmäärän kompensoimiseksi. Toisaalta laserskannerilla ei saada mitään tietoa siitä, missä kunnossa kohde on pinnan alla, onko kohteessa hometta tai asbestia tai missä talotekniikkalinjat sijaitsevat. (rakentamisen asiantuntijat)

Riittävän kokeneita toimijoita on rakennusalalla rajallinen joukko. On olemassa toimijoita, joille laserskannaus ja inventointimallin luominen ovat ydinosaamista. Nämä toimijat ovat yleensä arkkitehteja, mittaustoimistoja tai muita konsultteja. Toivottavasti tämän hankkeen myötä heidän määrä lisääntyy. (rakentamisen asiantuntijat)

Ehkä suurin haaste laserskannauksessa on vastuu mittauksen paikkansapitävyydestä. Usein mittauksen ja inventointimallintamisen suorittaa kolmas osapuoli, joka on KSE:n mukaisesti vastuussa vain oman palkkionsa osalta. Virheellinen mittaus ja tuotettu data voi aiheuttaa mittavia kustannuksia suunnittelun ja rakentamisen aikana. Tämän vuoksi olisi hyvä, jos hankkeen pääsuunnittelija vastaisi tai ainakin ohjeistaisi laserskannausta. Laserskannauksen tilaajan täytyy ainakin varmistaa urakoitsijan pätevyys ja kokemus mittaustyöstä. (suunnittelualojen asiantuntija)

As-build mallien kohdalla tilaajalle hyödynnettävä pistedata tai tietomalli eivät itsessään vielä tuo paljoa lisäarvoa. Pitäisi ennemminkin tarkastella sitä, kuinka tietomalli saataisiin tukemaan käytönaikaista tiedonsiirtoa ja ylläpidon tarpeita. Laserskannauksesta pitäisi pystyä automaattisesti tunnistamaan esimerkiksi lattiamateriaalit siivousta varten tai pystyä ohjaamaan vierailijat oikeaan paikkaan. (suunnittelualojen asiantuntija)

4.2 Skannauksen hyödyntäminen hankkeen vaiheissa

4.2.1 Hankesuunnittelu

Oikeaa laserskannaus ajankohtaa on hankala sanoa yksiselitteisesti. Silloin, kun tarveselvityksessä tullaan siihen tulokseen, että kohteeseen tehdään tilamuutoksia. Laserskannauksessa on vaikeutena se, että se ei läpäise pintoja. Harvassa tilanteessa hankkeessa pystytään päättää tarveselvityksen jälkeen, mitä rakenteita täytyy ja kannattaa purkaa. Skannaus voi olla iteratiivinen prosessi ja ennen varsinaista toteutusta käydään skannauksessa uudestaan. Tällöin saadaan suunnittelun kannalta tärkeät ”kovat pinnat” esille. Joissain tapauksissa on toimittu näin, mutta useammin tullut vastaan tilanne, jossa siihen olisi pitänyt varautua. (rakentamisen asiantuntijat)

Hankesuunnitteluvaihe on vielä joissain tapauksissa liian aikainen vaihe lähteä laserskannamaan. Jos hankkeen suuntaviivat ovat niin pitkälle viety, että rakennus säilytetään joka tapauksessa ja voidaan miettiä käyttötarkoitusta, niin silloin kannattaa laserskannata. Se riippuu siitä missä vaiheessa mennään ja mitkä tavoitteet hankkeelle on asetettu. Minkä ikäinen rakennus kohde on ja löytyykö kohteesta vanhoja suunnitelmia. Paljon riippuu myös siitä, kuinka paikkansapitäviä suunnitelmia ovat. Hankkeen tavoitteet ovat avainasemassa. Se vaikuttaa juuri siihen, missä vaiheessa tai kannattaako laserskannata. Jos ulkonäkötarkastelu on tarpeen, laserskannamalla saadaan lähtöaineisto hankesuunnitteluun. (rakentamisen asiantuntijat)

Tilaa on tärkein osapuoli laserskannauksen osalta, mutta myös omistajaa ja muita osapuolia kiinnostaa lähtötietojen laatu. Esimerkiksi jos kohteen arkkitehtuurista järjestetään kilpailu, laserskannausaineisto voidaan liittää lähtötietoaineistoksi. Joissain tapauksissa suunnittelija voi tulla ulkomailta, jolloin hänen kohteessa käyntinsä maksaa erittäin paljon. (rakentamisen asiantuntijat)

Yleensä kaavoitusvaiheessa ei vielä ole hyötyä laserskannauksesta tai tietomallintamisesta, ellei puhuta ilmalaserskannauksesta tai fotogrammetriasta. Tällöin saadaan tarkkaa lähtötietoa kaavoittajalle. Lupavaiheessa monet asiat tarvitsevat luvan. Silloin tilanne muuttuu toiseksi. (rakentamisen asiantuntijat)

Tietomallintamisen hyödyntäminen vaatii, että suunnitteluprosessi on paljon etupainoisempaa. Lähtötiedot täytyy olla jo hyvin pitkälti selvillä ennen kuin kohteen suunnitelmia voidaan lähteä tarkentamaan. Muutoinkin koko hankkeen organisaatio täytyy saada ymmärtämään, että nyt ei toimita niin kuin on aikaisemmin toimittu. (rakentamisen asiantuntijat)

Asuinrakentamisessa on kokeiltu sellaista hankemuotoa, että suunnitelmat viedään yhden kerroksen osalta valmiiksi ennen rakentamista. Mallikerros olisi täysin valmis ja muissa kerroksissa voitaisiin hyödyntää mallikerroksen detaljeja. Tällöin suunnittelu saataisiin pakotettua etupainoiseksi. Laitetaan alussa ”paukkuja” mallintamiseen, niin loppuvaiheessa päästään paljon helpommalla. (rakentamisen asiantuntijat)

Joissain kohteissa, kun aikataulu on kireä, mallintaminen on melko hankalaa. Usein tuntuu siltä, että on pakko saada lain vaatimat paperit kuntoon ja heittää malli syrjään. Tietomallin hyödyt katoavat siinä, jos mallintamista ei päästä aloittamaan reilusti ennen rakentamista. (rakentamisen asiantuntijat)

Kaikilta suunnittelualoilta löytyy laserskannaukseen ja tietomallintamiseen tarvittavaa osaamista. Etenkin tilaajan ollessa erityisen valveutunut tarjouspyynnöissään, BIMä hyödyntämällä voidaan luoda lisäarvoa koko rakennushankkeelle. (rakentamisen asiantuntijat)

Suunnittelutoimistojen välillä on valtavia eroja. Esimerkiksi jotkin arkkitehdeistä hahmottelevat rakennuksia paperille piirtämällä, kun toinen mallintaa alusta asti. Ensimmäiset vedoksetkin ovat 3D-formaatissa. Rakenne- ja talotekniikkapuolella hankkeen mallinnukseen vaikuttaa myös suunnittelijan ketteryys mallin kanssa. (rakentamisen asiantuntijat)

4.2.2 Tarjousvaihe

Tarjousvaiheessa laserskannaamisen hyödyntäminen riippuu pitkälti hankkeen tyypistä. Joissain tapauksissa suunnittelija voi sisällyttää tarjoukseen vaatimuksen, että kohde on laserskannattava. Tarjousvaiheessa onkin olennaista, että tiedetään, tarvitseeko laserskannausta ja kuinka paljon rakenteita ollaan purkamassa. Valveutunut tilaaja voi myös haluta säilyttää tarkan tiedon kohteen tilasta ennen sen korjaamista. (rakentamisen asiantuntijat)

Ensisijainen kysymys tarjousvaiheen pistepilvimallin hyödynnettävyydessä on se, kuinka paljon dataa jatkojalostetaan. Tehdäänkö pistepilven avulla tasokuvia, inventointimallia vai annetaanko pistepilvi raakadatana eteenpäin. Lisäksi on varmistettava samat lähtötiedot kaikille hankkeen suunnittelusta kilpaileville osapuolille. Tarjousta tehtäessä suunnittelijat voivat ottaa lähtötiedot esimerkiksi suoraan pistedatasta ja toinen datan perusteella tehdyistä pohjakuvista. Tällöin riski erilaisiin törmäyksiin suunnittelualojen välillä lisääntyy. (rakentamisen asiantuntijat)

Tarjousvaiheessa pelkkä pistepilvi ei itsessään laske tarjoushintaa. Aineistoa joudutaan kuitenkin käsittelemään ja malli rakentamaan sen pohjalta. Automaation lisääntyminen prosessissa tekisi myös suunnittelusta edullisempää. Siihen ollaan ilmeisesti menossa. Yksinkertaisissa kerrostaloissa malli on helppo rakentaa, mutta kun kohteet monimuotoistuvat, myös pistedatan avulla mallinnus hankaloituu. (suunnittelualojen asiantuntija)

Laserskannausta hyödyntämällä lähtötietojen oikeellisuudesta voidaan olla melko varmoja. Pistepilven laatu vaikuttaa. Jos tarkkuustaso on riittävä, sitä voidaan hyödyntää. Osana tarjousaineistoa voidaan luottaa pistepilven paikkansapitävyyteen. Lisämateriaalina siihen suhtaudutaan skeptisesti. (kiinteistönomistajat)

Kaikki suunnittelijat eivät ole tottuneita käyttämään pistepilveä, eivätkä välttämättä halua edes opetella hyödyntämään. Tällöin tiedon hyöty katoaa. Jos taas suunnittelija osaa hyödyntää pistepilveä, niin siitä on todella paljon hyötyä. Data on ajantasainen kolmiulotteinen dokumentaatio lähtötilanteesta tietyin rajoituksin. Vanhat suunnitelmat eivät välttämättä ole ajantasaisia ja vanhoissa rakennuksissa on tyypillistä raaka-aineiden säästäminen suunnitelmista poikkeamalla. (rakentamisen asiantuntijat)

Pistepilvimallin vaarana on erotella valveutuneet suunnittelijat vähemmän valveutuneista ennemmin, kuin hyvät suunnittelijat kehnommista. Toinen iso kysymys on se, kuka maksaa. Loppukädessä tilaaja maksaa kaiken, mutta tilaaja ei ole halukas maksamaan laserskannauksesta ennen todellisten hyötyjen ja myöhemmissä vaiheissa syntyvien säästöjen selvittämistä. (rakentamisen asiantuntijat)

Rakennushankkeissa päätoteuttaja tulee yleensä mukaan pääsuunnittelijan valinnan jälkeen. Tällöin laserskannaamisen tai tietomallintamisen hyödyntäminen jää tilaajan ja pääsuunnittelijan väliseksi päätökseksi. Jotkut tilaajat eivät vain halua kumpaakaan. (rakentamisen asiantuntijat)

Tietomallia voidaan hyödyntää tarjousaineiston luonnissa, mutta se on vain täydentävä tarjousaineisto, joka on pätevyysjärjestyksessä aina piirustusten ja rakennusselitysten jäljessä. Tämä hankaloittaa useissa kohteissa tietomallin täysmääräistä hyödyntämistä määrä- ja kustannuslaskentaan. Tietomallista saa nopeasti kuvan massoista, mutta yleensä mallien oikeellisuudesta ei ole annettu vakuutta. Tällöin lasketut määrät ovat melko epävarmoja ja määrälaskelmat tehdään toistaiseksi muusta tarjousaineistosta. (rakentamisen asiantuntijat)

4.2.3 Toteutussuunnittelu

Inventointimallin hyödyntämiseen vaikuttaa merkittävästi mallin tuottajan laatu ja taitotaso sekä sovitut reunaehdot, kuinka inventointimalli on tehty. Hyödynnettävyys määräytyy sen mukaan, kuinka inventointimalli soveltuu suunnittelijan/arkkitehdin prosessiin ja toimintatapoihin. Mallintamisessa on tyyliä ja sovittuja asioita, kuinka asiat tehdään. Lisäksi on laajempia kokonaisuuksia, kuten standardit, joiden mukaan määrätään, miten asiat tehdään. Jos prosessi on hitsattu hyvin yhteen, se antaa lentävän lähdön mallintamiseen. (rakentamisen asiantuntijat)

Laserskannaamisesta on ainakin hyötyä rakennesuunnittelussa, jos purettavia rakenteita voitaisiin skannata purun jälkeen. Se helpottaisi uusien kiinnitysdetaljien suunnittelussa. Tosin tällainen ei perinteisesti ole mahdollista, kun työmaat ovat varsin hektisiä. Rakenteita ei ehditä purkaa ja vasta sen jälkeen suunnitella, vaan purkamisen jälkeen ollaan jo laittamassa uutta pintaa. Mitä vanhempi kohde on kyseessä, sitä enemmän skannauksesta on hyötyä. Mitä vanhempi kohde, sitä enemmän pohjaratkaisuissa ja kerroskorkeuksissa on vaihtelua rakennuksen sisällä. (suunnittelualojen asiantuntija)

Korjauskohteissa laserskannausta voidaan hyödyntää uusien rakenteiden tarkkaan mitoitukseen. Eräässä kohteessa skannattiin porraskuilu uusia portaita varten. Yleensä tällaisissa tilanteissa suunnitelmiin jätetään hieman varauksia eripuolille ja osat passataan työmaalla kohdilleen. Tässä voitiin antaa tarkat mitat portaista teräspajalle ja työmaa pystyi asentamaan portaat helposti paikalleen. (suunnittelualojen asiantuntija)

4.2.4 Rakentaminen

Rakennusliikkeet eivät varsinaisesti pysty hyödyntämään pistepilveä tai tietomallia. Heille kuitenkin annetaan piirustukset, joiden perusteella he rakentavat. Mallista pystytään kuitenkin havainnollistamaan joitain kohtia paljon piirustuksia paremmin. (suunnittelualojen asiantuntija)

Laserskannauksesta itsestään ei välttämättä ole merkittävää hyötyä rakentamisen aikana. Tietomallinnetussa kohteessa voidaan hyödyntää esimerkiksi työjärjestyksen simulointia. Aluesuunnitelma voidaan luoda tietomalliin. Tietomallin avulla aluesuunnitelmasta saadaan visuaalisesti luotettava ja asiakkaalle voidaan luotettavasti perustella mitä ollaan tekemässä. Aluesuunnitelman avulla voidaan välttää työturvallisuusriskejä etenkin runkovaikheessa. Tietomallinnuksen hyödyntäminen vaatii perehtyneitä työnjohtajia sekä työmaainsinöörejä, muutoin hommasta ei tule mitään. (rakentamisen asiantuntijat)

Työmaalla laserskannausta on hankalahko hyödyntää. Tietomallista sen sijaan saa nopeasti tietoa. Esimerkiksi tabletilla keskellä työmaata. Tietomallinnetuissa kohteissa tehtiin kysely, jonka mukaan tabletin sekä tietomallin hyödyntäminen säästi 4-4,5 työtuntia viikossa. Toisaalta voi olla, että suurin säästö tuli tabletin käytöstä suurilla työmailla, joilla ei tarvinnut hakea piirustuksia toimistolta. (rakentamisen asiantuntijat)

5. TULOKSET

Haastatteluissa kävi selvästi ilmi, että laserskannaus mittausmenetelmänä kiinnostaa sekä rakentajia, mittaustoimistoja ja suunnittelijoita, kuin myös tilaajia. Käyttönoton edellytyksenä pidetään haastattelujen perusteella taloudellista kannattavuutta. Konkreettisia taloudellisia säästöjä ei kuitenkaan osata vielä tarkasti arvioida.

Suurella osalla vastaajista oli yhteneviä mielipiteitä laserskannauksen eduista ja hyödyistä. Eniten toistuvia vastauksia olivat:

1. Tarkka lähtötieto suunnitteluun,
2. Nopea mittaustapa,
3. Häiriöiden vähentyminen suunnittelu- ja rakennusvaiheissa,
4. Turvallinen mittaustapa ja
5. Laserskannauksen korkea hinta.

Neljä eniten toistunutta vastausta antoi selkeitä viitteitä laserskannauksen hyödyllisyydestä. Huono puoli oli se, ettei yksikään vastaajista osannut arvioida edes karkealla tasolla, kuinka paljon nämä tekijät voisivat säästää aikaa työsuorituksessa. Muutamaa arvausta lukuun ottamatta konkreettisia säästöjä koskeviin kysymyksiin ei joko osattu tai haluttu vastata.

Eri ryhmien vastauksissa oli selkeitä eroja teemojen välillä. Kiinteistöjen omistajilla ei ole kokemusta laserskannauksen tai tietomallintamisen hyödyntämisestä. Heidän vastauksensa kohdistuivat siihen, mitä laserskannauksella tulisi saavuttaa. Heidän kannaltaan laserskannauksesta tulisi saada automaattisesti tietoa esimerkiksi tilojen pintaraken-teista tai koneiden käyttötiedoista. Tämä automatisointi ei ole vielä mahdollista, mutta tietomalleista kyseisen tiedon voi saada. Tilaajalle luovutettavissa BIM malleihin tulisi sisällyttää koneiden käyttötiedotteet tai ainakin linkki niihin. Lisäksi kiinteistöjen omistajilla oli selkeä viesti, josta ilmenee, ettei laserskannauksesta olla valmiita maksamaan muita menetelmiä enempää:

”Ei tilaaja ole valmis maksamaan siitä (laserskannauksesta) enempää, kuin muistakaan tavoista, jollei sillä ole jotain muuta arvoa” (kiinteistön omistajat)

Tällä hetkellä laserskannauksen mittausaineistosta ei ole kiinteistön omistajille riittävästi hyötyä. Mittausaineiston laadulliset ja tehokkuutta parantavat hyödyt kohdistuvat pitkälti suunnitteluvaiheeseen ja välillisesti rakennusvaiheeseen.

Kolme muuta vastaajaryhmää toivat enemmän esille suunnittelu- ja rakentamisprosessien hyötyjä. Kohteita, jotka haastattelujen perusteella kannattaa ehdottomasti laserskannata, ovat kunnostettavat suojelukohteet. Entisöitävien detaljien mitoista ja muodoista ei muilla

keinoilla pystyttyä varmistumaan. Laserskannausta suositellaan sitä enemmän, mitä kompleksisempi kohde on. Myös rakennuksia, joissa on suuria tiloja sekä paljon jääviä rakenteita, on kannattavaa skannata. Eräs haastatelluista tiivistä asian kääntäen:

”Jos korjattava kohde on yksinkertainen, se korjataan kantavia rakenteita myöten ja sen vanhat suunnitelmat pitävät paikkansa, laserskannauksesta ei ole etua.” (rakentamisen asiantuntija)

Haastateltavat olivat yhtä mieltä skannauksen suunnittelun helppoudesta. Pohjakuvien perusteella mittauksen voi suunnitella tarkasti kojeasemakohtaisesti. Lisäksi skannauksen laatutason ollessa tiedossa, kojeasemissa kuluva aika on arvioitavissa muutaman minuutin tarkkuudella kaluston siirtoineen. Hyvin suunniteltu mittaus on nopea suorittaa, kuten eräs haastateltu toteaa:

”Yhdenpäivän mittausdatan käsittelystä selviää yleensä parissa tunnissa” (mittaustekniikan asiantuntija)

Aineiston käsittely on nopeaa, ellei sitä haluta tarkentaa tarpeettoman tarkaksi. Nykyaikana jopa mittalaitteistoista puhuttaessa työntekijät tulevat maksamaan enemmän, kuin heidän käyttämänsä laitteet. Järkevästi hyödynnettynä laserskannaus on nopea ja siten myös edullinen mittausmenetelmä.

Kirjallisuudesta sekä suunnittelualojen asiantuntijoilta selvisi, että mittaustavasta riippumatta as-is- tietomallin tekeminen on hidasta ja pääsääntöisesti kokonaan manuaalista työtä. Haastatteluissa arveltiin mallintamisen olevan jopa hitaampaa, kun lähtötietojen tarkkuustaso antaa lopputuotteelle tiukat vaatimukset.

Kolmanneksi useimmin haastatteluissa vastaan tuli arvio siitä, että laserskannaus vähentää suunnittelu- ja rakennusvaiheiden hukkaa. Ilman suurta määrää aukotonta dataa tätä on erittäin hankala todistaa. Haastattelujen perusteella vaikuttaisi kuitenkin vahvasti siltä, että ainakin suurin osa laserskannauksen kustannussäästöpotentiaalista on nimenomaan rakennusvaiheen häiriöiden vähenemisessä. Rakentamisvaiheen häiriöistä johtuvasta hukasta suuri osa johtuu suunnitelmien puutteellisuudesta. Näitä puutteita voidaan välttää laserskannauksen, inventointimallinnuksen ja tietomallinnuksen avulla.

6. POHDINTA

Pohdinta –kappaleessa tarkastellaan tuloksia, arvioidaan tutkimuksen onnistumista ja esitetään jatkotutkimusehdotuksia.

6.1 Tulosten tarkastelu

Tulosten perusteella voidaan varmuudella sanoa, että laserskannaus on tehokkain ja edullisin mittausten menetelmänä, kun tavoitellaan tarkkaa mittatietoa koko rakennuksesta. Projektin alussa onkin ensisijaisen tärkeää arvioida, mitä kaikkea mitataan ja mitä mittaukselta halutaan. Parhaimmillaan laserskannauksesta todettiin:

”Mittausmenetelmänä laserskannaus päihittää vanhat menetelmät ajassa ja kustannuksissa. Lisäksi määrä ja laatu ovat vanhoihin menetelmiin verrattuna ylivoimaisia.” (rakentamisen asiantuntijat)

Tätä on kuitenkin vaikea arvioida näin suoraviivaisesti mittausten eroavaisuuksien vuoksi sekä siksi, että haastatteluista tai kirjallisuudesta ei saatu haluttua numeerista tietoa. Ilman numeerista tietoa ei voida arvioida esimerkiksi mittausten menetelmiin kuluvan ajan eroa eikä sen vuoksi kustannuksia. Se johtuu siitä, ettei mistään puolueettomasta lähteestä löydy riittävän tarkkaa tietoa, faktaa, erojen selvittämiseen.

Olenaisimpana erona takymetrimittauksen ja laserskannauksen tulokset ovat hyvin erilaisia. Takymetri antaa erittäin tarkkoja tuloksia kaukaisiin pisteisiin ja menetelmä on yleisesti käytössä. Takymetrimittauksen muutamien pisteiden riittävä useille mittauksien tilaajalle varmistamaan vanhojen piirustusten paikkansapitävyys minkä jälkeen kohteen mallinnus suoritetaan vanhoista piirustuksista.

Laserskannauksessa mitataan kaikki näkyvät pinnat. Kokonaisen rakennuksen skannaus on suurempi työ, kuin muutamien tarkkeiden hakeminen takymetrillä, mutta mittauksen data skannauksessa on aivan eri tasolla tarkepisteisiin verrattuna. Molemmille mittaustavoille pitäisi määrittellä vaatimustaso, ennen kuin näitä menetelmiä voidaan todellisudessa verrata keskenään.

Teemahaastattelujen tulokset perustuvat kahdentoista rakennusalan ammattilaisen kokemuksiin laserskannauksesta. Yksittäin niitä ei voida pitää luotettavina. Suuresta osasta vastauksia mainitsi kuitenkin useampi, kuin yksi henkilö. Tällöin kokemuksen täydentävät toisiaan ja asiaa voidaan arvioida melko luotettavana. Esimerkiksi tulokset-kappaleen viittä listattua mielipidettä voidaan pitää luotettavina. Silti otannan täytyisi olla suurempi, jotta tuloksia voitaisiin puhua faktoina.

Epävarmuutta vastauksiin saattaa tuoda laserskannauksen maine. Laserskannaus ei ole uusi keksintö ja sen hyödyntämistä on kokeiltu aikana, jolloin tietotekniikka ei ollut kehittynyt riittävän pitkälle. Tuolloin pistedatasta ei saatu riittävää hyötyä ja tekniikka oli kallis. On mahdollista, etteivät kaikki vastaajat ole vielä tutustuneet nykyaikaiseen laserskannukseen riittävän hyvin.

Lopputulena voin todeta, että laserskannaus on tarkoituksenmukaisissa hankkeissa myös taloudellisesti kannattava lähtötiedon mittausten menetelmä. Veikkaukseni on, että laserskannauksesta tulee fotogrammetrian ohella tärkein korjausrakennuskohteiden mittausten menetelmä.

6.2 Tutkimuksen tarkastelu

Tässä tutkimuksessa tähdättiin selkeästi mitattavien taloudellisten hyötyjen arvioimiseen. Kirjallisuudesta ei löydy objektiivista tutkimusta, josta päästäisiin kiinni laserskannauksen tai takymetrimittauksen kustannuksiin. Teemahaastattelujen vastaukset eivät vastaa haluttuihin konkreettisiin numeerisiin arvoihin. Taloudellisten hyötyjen arvioiminen näiden tuloksien pohjalta ei ole mahdollista sellaisessa laajuudessa, mitä hankkeen alussa työltä toivottiin. Muutoin työssä saatiin esitettyä kattavasti laserskannaus tekniikkana ja haastatteluista saatiin selkeästi uutta tietoa alalta.

Tutkimusmenetelmänä teemahaastattelu soveltui aiheeseen melko hyvin. Muilla haastattelutyypeillä tai kyselyillä ei olisi saavutettu yhtä paljoa tai yhtä tarkkoja tuloksia. Teemahaastattelun tulosten esittäminen anonyymisti ei anna tutkimukselle yhtä luotettavaa kuvaa, kuin jos haastatellut henkilöt olisi esitelty. Tämä oli kuitenkin useamman haastateltavan ehto.

6.3 Jatkotutkimus ehdotukset

Jotta laserskannauksen taloudellista kannattavuutta voitaisiin tarkasti arvioida, vertailuun täytyisi saada numeerista dataa. Mielestäni parhaiten dataan päästäisiin käsiksi case-tutkimuksilla. Tärkeitä selvitettäviä asioita olisivat:

- Mittausaika ja –kustannukset laserskannaten sekä perinteisesti mitaten,
 - + teoriassa helppo toteuttaa
 - olennaista selvittää, mitä takymetrimittaukselta vaaditaan. Skannauksen mittausdata on joka tapauksessa monin kerroin kattavampaa.
 - – Saman tyyppisiä (rakenteiden ja laajuuden osalta) korjauskohteita on vähän tarjolla.
- Kuluva työaika mittausdatasta inventointimallin luomiseen pistedatasta sekä tarkemittatiedoista.
 - + myös teoriassa helppo toteuttaa, mikäli tutkimukseen saataisiin todellinen kohde ja suunnittelija mukaan.

- taas olennaista selvittää tarkemittauksen pisteiden määrä (mihin laserskannausta voidaan verrata)
- Suunnittelu- ja rakennusvaiheissa esiintyvien törmäysten määrien sekä niiden aiheuttamien kustannusten vertailu samankaltaisissa kohteissa molemmilla mittausmenetelmillä.
 - – Erittäin hankala mitata luotettavasti
 - – Erittäin hankala löytää kaksi vastaavaa kohdetta, joista molemmat suosuisivat tutkimusyhteistyöhön.

Mikäli tällaisia asioita olisi mahdollista selvittää, laserskannauksen taloudellista kannattavuutta pystyttäisiin arvioimaan numeerisesti.

LÄHTEET

- Bell, B. B. (2007). *National building information modeling standard, Version 1 - Part 1: Overview, Principles nad Methodologies*. Washington DC: National Institute of Building Sciences.
- Bosché, A. T. (2015). The value of integrating Scan-to-BIM and Scan-vs-BIM techniques for construction monitoring using laser scanning and BIM: The case of cylindrical MEP components. *Automation in Construction*, 201-213.
- Brilakis, I.;Lourakis, M.;Sacks, R.;Savarese, S.;Christodoulou, S.;Teizer, J.;& Makhmalbaf, A. (2010). Toward automated generation of parametric BIMs based on hybrid video. Teoksessa C. Chen, *Advanced engineering informatics* (ss. 456-465). Georgia, USA: Elsevier.
- BuildingSMART Finland. (2007). *Tietomallivaatimukset 2012 Osa 1*. Helsinki: Rakennustieto.
- Construction Industry Institute. (2005). *Making zero rework A reality, Research 203-1*. Austin: The university of Texas.
- Engelbart, D. C. (1962). *Augmented Human Intellect Study*. Washington DC.
- Faltýnova, M.;Matousková, E.;Sedina, J.;& Pavelka, K. (2016). Building Facade Documentation Using Laser Scanning Anf Photogrammetry And Data Implementation Into BIM. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, (ss. 215-220). Praha.
- Hirsijärvi, R. S. (2007). *Tutki ja kirjoita*. Jyväskylä: Otava kirjapaino Oy.
- Hoffman, E. (2005). *Understanding and Specifying Laser Scanning Services*. Pittsburgh: A Quantapoint White Paper .
- Joala, V. (2006). *Laserkeilauksen perusteita ja mittausken suunnittelu*. Espoo: Leica Nilomark Oy.
- Koskinen, T. (12.3.2017. kesäkuu 2015). *ProMaintLehti*. Noudettu osoitteesta <http://promaintlehti.fi/Laite-ja-korjaustekniikat/Laserkeilaus-ja-3D-mallinnus-auttavat-saneeraussuunnittelussa>
- Laing, L. I. (2015). Scan to BIM: the development of a clear clouds within a BIM environment. *Muilding Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations*, 279-292.

- Quirk. (7. joulukuu 2012). *A Brief history of BIM*. Haettu 4. huhtikuu 2016 osoitteesta Arch Daily: <http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>
- Rajala, M. (2007). *Talotekniikka rakentajalle: Laserkeilausmittaus ja rakennuksen inventointimalli*. Helsinki: Rakennustieto.
- Rakennustietosäätiö. (2013). *Tietomallintamisen (BIM) käyttö Suomessa kyselyn tulokset*. Helsinki: Rakennustietosäätiö.
- S. Ford, G. A. (1995). An information engineering approach to modelling. *Automation in Construction*, 5-15.
- Tang, P.; Huber, D.; Akinci, B.; Lipman, R.; & Lytle, A. (2010). Automatic Reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. Teoksessa M. J. Skibniewski, *Automation in Construction* (ss. 829-843). Kalamazoo: Elsevier.
- Valtari, P. L. (2004). *Kaupallistaminen ja innovaatiotavoitteet teknologiaohjelmissa - Innovaatioprosessien muutokseen tähtäävien teknologiaohjelmien arviointi*. Helsinki: TEKES.

Liite 1: Teemahaastattelun runko

ProDigiOUs teemahaastattelu

Vastaukset nauhoitetaan ja käsitellään luottamuksellisesti

Nämä haastattelut suoritetaan osana ProDigiOUs hankkeen tiedonkeruuta. Hankkeen tarkoituksena on kouluttaa Pirkanmaan pieniä sekä keskikokoisia yrityksiä ja antamaan heille riittävät tiedot alan liiketoiminnan harjoittamiseen.

Näissä teemahaastatteluissa keskitytään ensisijaisesti laserkeilauksen sekä tietomallintamisen hyötyjen selvittämiseen korjausrakentamisessa. Kysely on osoitettu neljälle eri haastatteluryhmälle, jotka ovat kohdennettu eri vastaajaryhmille. Nämä ryhmät ovat:

- kiinteistönomistajat,
- mittaustekniikan asiantuntijat,
- suunnittelualojen asiantuntijat sekä
- rakennusalan asiantuntijat.

Teemahaastattelut suoritetaan tämän haastattelupohjan mukaisesti tyhmästä riippumatta. Tällöin kysymyksiin saadaan vastauksia monesta eri näkökulmasta ja tulokset voidaan kirjata järkevästi.

Haastattelujen nauhoitteet ovat luottamuksellisia, eikä niitä julkaista diplomityössä tai ProDigiOUs hankkeen julkaisuissa. Haastattelujen tulokset kirjataan kronologisessa järjestyksessä rakennushankkeen kulun mukaisesti. Viittauksiin ja suoriin lainauksiin viitataan vastaajaryhmien perusteella, eli vastaajan nimeä tai yritystä ei tuoda esille tekstissä. Vastanneiden nimet ja tittelit käydään läpi aineistokappaleessa.

Haastatteluissa nauhoitteen kohdat merkataan ylös asioiden etsimisen helpottamiseksi.

Laserskannauksen käyttöönotto

- Milloin olette aloittanut kehittämään?
- Kauanko implementointi kesti?
- Millainen vastaanotto tuli kentältä?
- Mitkä olivat suurimmat haasteet?
- Oletteko arvioineet käyttöönoton kustannuksia?
- Millaisia kohteita
- Millaisia asiakkaita

Hyödyntäminen

- Missä vaiheessa hankkeessa on millaista hyötyä
 - Hankesuunnittelu
 - Toteutussuunnittelu
 - Rakentaminen
 - Käyttöönotto
 - Elinkaari / vuosikorjaus

Tulevaisuuden mahdollisuudet