OAMK
OULUN AMMATTIKORKEAKOULU

Siiri Mattlar

KEHITTYNEEN MITTAMENETELMÄN JA TIETOMALLINTAMISEN HYÖDYT TALONRAKENNUKSEN KORJAUSRAKENTAMISESSA

KEHITTYNEEN MITTAMENETELMÄN JA TIETOMALLINTAMISEN HYÖDYT TALONRAKENNUKSEN KORJAUSRAKENTAMISESSA

Siiri Mattlar
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, rakennesuunnittelu

Tekijä: Siiri Mattlar
Opinnäytetyön nimi: Kehittyneen mittamenetelmän ja tietomallintamisen hyödyt talonrakennuksen korjausrakentamisessa
Työn ohjaaja: Kimmo Illikainen, Juha-Pekka Kumpulainen ja Riku Ansamaa
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: 2019
Sivumäärä: 41 + 2 liitettä

Korjausrakentamishankkeen hyvällä suunnittelulla varmistetaan korjaushankkeen onnistuminen ja ehkäistään ikävät yllätykset rakentamisvaiheessa. Laserkeilaus mahdollistaa tarkkojen lähtötietojen saamisen, mikä helpottaa merkittävästi kohteen tietomallintamista ja suunnittelua. Onnistuneen tietomallin ansiosta suunnitteluratkaisut ja niitä koskevat päätökset voidaan perustaa rakennuksen todelliseen tilanteeseen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voidaanko laserkeilauksella ja tietomallintamisella tehostaa talonrakennuksen korjaushankkeissa lähtötietojen hankkimista, suunnittelua, toteutusta ja ylläpitoa. Työssä perehdyttiin aluksi talonrakennuksen korjaushankkeen läpivientiin laserkeilausta ja tietomallintamista hyödyntämällä. Tämän jälkeen selvitettiin kyselytutkimuksella, miten laserkeilauksesta saatavaa mittatietoa ja sen pohjalta tehtävää mittatarkkaa lähtötietomallia tällä hetkellä hyödynnetään korjauskohteen suunnittelussa, toteutuksessa ja ylläpidossa.

Opinnäytetyössä tehdyn kyselyn perusteella kävi ilmi, että laserkeilaus soveltuvat kohteisiin, joissa ei ole ajantasaisia piirustuksia ja joissa on monimuotoinen geometria ja paljon tekniikkaa sekä rakenteita. Laserkeilauksen eduksi verrattuna muihin mittamenetelmiin osoittautui siitä saatava tarkka, kattava ja luotettava mitta-aineisto. Laserkeilauksella tehty lähtötietomalli vähensi kohdekäyntejä ja mallinnuksen kestoa ajallisesti ja paransi mallin tarkkuutta.

Mittatarkalla tietomallilla tehty suunnittelu tehosti hankkeen havainnollistamista ja suunnitteluratkaisujen valintaa sekä vähensi kohdekäyntejä ja suunnitteluun menevää aikaa. Mittatarkka tietomalli paransi havainnollistamista ja laatua sekä vähensi kohdekäyntejä, virheitä ja muutostöitä. Tietomallinuksella voidaan varmistaa, että rakentamisen aikana tehdyt muutokset päivitetään malliin, jolloin saadaan hyöty ja kustannussäästö, kun rakennushankkeen mallit voidaan siirtää ajantasaisina ja tietosisällöltään riittävinä ylläpidon tarpeisiin.

Asiasanat: korjausrakentaminen, inventointimalli, laserkeilaus, tietomalli

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme, option

Author: Siiri Mattlar
Title of thesis: The benefits of advanced instrumentation and information modeling in deconstruction
Supervisor(s): Kimmo Illikainen, Juha-Pekka Kumpulainen and Riku Ansamaa
Term and year when the thesis was submitted: 2019
Pages: 41 + 2 appendices

Planning is the key to a successful deconstruction project and the medium to prevent undesirable outcomes in the construction phase. Laser Scanning allows extracting accurate initial data that helps the information modeling of the object significantly. By using a successful data model, planning solutions and decisions can be based on the actual condition of the building.

The aim of this thesis was to discover if laser scanning and information modeling could be used to enhance the initial data mining process, planning, execution and the maintenance of a building deconstruction project. The thesis took off by examining the execution of a deconstruction project by using laser scanning and information modeling. The following stage was to set out a survey to determine how is the dimensional data from the scanning, which the dimensionally accurate initial data model is based on, is being utilised in the planning, execution and maintenance of a deconstruction project.

Based on the survey conducted, laser scanning was an applicable method for objects that lack proper up-to-date drawings and for objects that have a diverse geometry and a lot of technique and structure. The benefits of laser scanning, compared to the other methods, turned out to be accurate, comprehensive and reliable measuring data. The initial data modeling made with laser scanning reduced visits and follow-ups to the site, the duration of the modeling and improved the accuracy of the modeling.

The dimensionally accurate initial data proved to improve the illustration of the project, to support the selection of the planning solutions and reduced the time and effort spent on planning, errors, modifications and visiting the sites. Information modeling can be used to secure that the changes made during the construction are updated into the model, which translates into benefits and cost-savings as the models with updated information of the construction projects can be shared for the needs of the maintenance.

Keywords: Renovations, inventory model, laser scanning, information model

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ 3
ABSTRACT 4
SISÄLLYS 5
SANASTO 6
1 JOHDANTO 7
2 TALONRAKENNUKSEN KORJAUSRAKENTAMINEN 8
2.1 Korjausrakentamisen nykytilanne 8
2.1.1 Korjausrakentamisen suunnittelu 10
2.1.2 Korjausrakentamisen suunnittelua tukevat mittamenetelmät 12
2.2 Korjausrakentaminen kehittyneellä mittamenetelmällä 13
2.2.1 Laserkeilaus 16
2.2.2 Laserkeilauksesta saatava pistepilvi 17
2.2.3 Pistepilvestä tietomalli 19
2.3 Tietomalli 20
2.3.2 Tietomallintaminen suunnittelussa 24
2.3.3 Tietomalli toteutuksessa 25
2.3.4 Tietomalli käytössä ja ylläpidossa 26
3 KYSELYTUTKIMUS LASERKEILAUKSEN JA TIETOMALLINTAMISEN KÄYTÖSTÄ TALONRAKENNUKSEN KORJAUSHANKKEISSA 28
3.1 Korjauskohteen laserkeilaus 28
3.2 Korjauskohteen lähtötilanteen kartoitus 29
3.3 Korjauskohteen suunnittelu tietomallilla 30
3.4 Korjauskohteen toteutus tietomalilla 32
3.5 Korjauskohteen käyttö ja ylläpito tietomalilla 33
4 LASERKEILAUKSEN JA TIETOMALLINTAMISEN KÄYTÖN TULOKSET TALONRAKENNUKSEN KORJAUSHANKEESSA 34
5 YHTEENVETO 38
LÄHTEET 40
LIITTEET
Liite 1 Kysely kehittyneen mittamenetelmän ja tietomallintamisen hyödyntämisestä talonrakennuksen korjausrakentamisessa
Liite 2 Mittauksen ja inventointimallinnuksen tehtävänmäärittelylomake

SANASTO

BIM	Rakennuksen tietomalli/ rakennuksen tietomallinnus
Inventointi korjausrakentamisessa	Tarvittavien lähtötietojen dokumentointia tarkoituksenmukaisessa ja systemaattisessa muodossa
Inventointimalli	Olemassa olevan rakennusten mallinnus
Korjausrakentaminen	Olemassa olevan rakennuksen tai muun rakennelman laajaa yhdellä kertaa tapahtuvaa korjaamista tai muuttamista
Laserkeilaus	Mittaustapa, jolla kohteesta saadaan lasersäteiden avulla mittatarkkaa kolmiulotteista tietoa kohteeseen koskematta
Pistepilvi	Kolmiulotteinen erillisistä pisteistä muodostuva kuva mitattavasta kohteesta, saatu esimerkiksi laserkeilauksen tuloksena
Rakennuksen tietomalli	Rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa

1 JOHDANTO

Korjausrakentamisessa laserkeilaus mahdollistaa rakennuksen tarkkojen lähtötietojen saamisen, mikä helpottaa merkittävästi kohteen tietomallintamista ja suunnittelua. Tietomallin ansiosta ratkaisut ja niitä koskevat päätökset voidaan esittää ennen rakentamisen aloittamista. Hyvällä suunnittelulla varmistetaan korjaushankkeen onnistuminen ja ehkäistään ikävät yllätykset rakentamisvaiheessa.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, tehostetaanko laserkeilauksella ja tietomallintamisella talonrakennuksen korjauskohteiden lähtötietojen hankkimista, suunnittelua, toteutusta ja ylläpitoa. Työssä perehdytään tietomallintamiseen ja tietomallintamista tukevaan laserkeilaukseen. Tämän jälkeen selvitetään kyselytutkimuksella, miten laserkeilauksesta saatavaa mittatietoa ja sen pohjalta tehtävää mittatarkkaa lähtötietomallia voitaisiin hyödyntää korjauskohteen suunnittelussa, toteutuksessa ja ylläpidossa.

Opinnäytetyö on rajattu niin, että mittausmenetelmää ja tietomallintamista tarkastellaan vain talonrakennuksen korjausrakentamisen näkökulmasta. Työssä keskitytään laserkeilauksen hyödyntämiseen korjauskohteen kattavien lähtötietojen saavuttamiseksi. Kattavalla lähtötietoaineistolla pystytään tukemaan kohteen tietomallintamista, mikä taas tehostaa hankkeen läpivientiä.

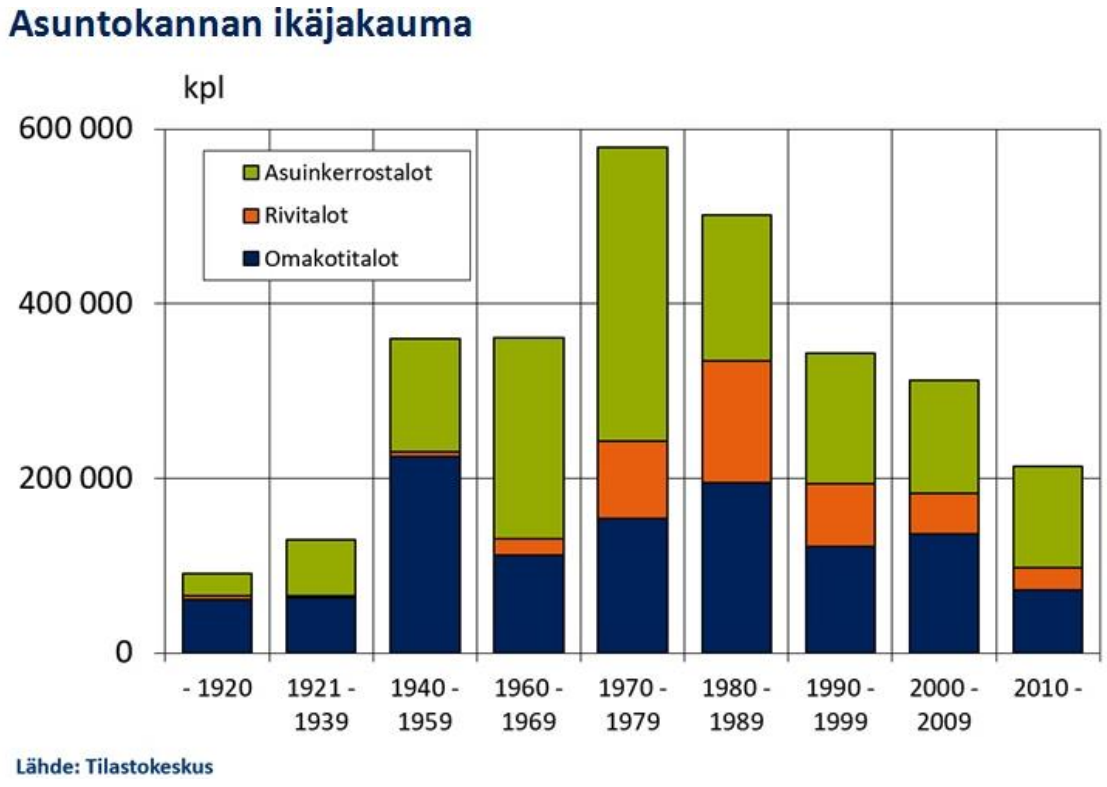
Opinnäytetyön toimeksiantaja on Sitowise-konserni. Sitowise on 1 400 hengen asiantuntijayritys, joka tarjoaa asiakkailleen rakennetun ympäristön suunnittelu-, asiantuntija- ja digitaalisia palveluita. Se on suomalaisomisteinen rakennusalan suunnittelu- ja konsultointitoimisto.

2 TALONRAKENNUKSEN KORJAUSRAKENTAMINEN

2.1 Korjausrakentamisen nykytilanne

Kiinteistönpito ja oikea-aikainen korjaaminen ovat tärkeässä asemassa, kun rakennuksia ylläpidetään suunnitelmallisesti. Vuosi vuodelta korjausrakentamisen tarve kasvaa. Korjausinvestointeja ja kunnossapitoa pitäisi kasvattaa lähes kaksinkertaiseksi asuinrakennuksissa. Ylläpitokulttuuri on kiinteistöissä ollut heikkoa; jos ennakoivaa ylläpitoa ei huomioida, voi pienistä ongelmista tulla suuria. Vaikutukset näkynyt kuntien rakennuskannassa ja asunto-osakeyhtiöissä. (1, s. 1.)

Korjausrakentaminen tulee lisääntymään ainakin talonyhtiöiden osalta. Linjasaneeraukset ovat moninkertaistuneet lähivuosina, kun korjausvuoroon tulevat 1960–1980-lukujen talot (kuva 1). Asumisen laatutasoa ja energiatehokkuutta olisi järkevä parantaa samalla, kun tehdään suuria remontteja. Muuten menetetään luonteva mahdollisuus parantaa rakennusten energiatehokuutta. (1, s. 1.)



KUVA 1. Asuntokannan ikäjakauma (1, s. 1)

Suomessa asuinrakennusten korjaustarve vuosina 2016–2025 on vuosittain 9,4 miljardia euroa. Kuuteen suurimpaan kaupunkiin sijoittuu tarpeesta noin kolmannes. Rakenneosien tavanomaisten korjaamista kulumisen, vanhenemisen ja vaurioitumisen takia on noin 70 prosenttia korjaustarpeesta. Vuosikorjausta tai alkavia vaurioita poistavaa kunnossapitoa on 23 prosenttia. Kosteusvaurioiden korjauksiin ja esteettömyyden parantamiseen on 7 prosenttia. (1, s. 1.)

Suomessa korjausrakentamisen osuus on pienempi kuin muissa pohjoismaissa. Suomessa se on noin 50 %, kun taas Ruotsissa noin 60 % ja Tanskassa noin 70 %. Suomessa myöhempi kaupungistuminen näkyy tässä. Prosenttiosuus ei kuitenkaan kerro koko totuutta. Korjausrakentamisen määrä on Suomessa kasvanut viime vuosina voimakkaasti. VTT:n tilastojen mukaan Suomi käytti vuonna 2012 korjausrakentamiseen lähes 6 % bkt:stä, eniten Euroopassa. Keskimäärin luku on Euroopassa 4 % bkt:stä. (1, s. 1.)

Mittavia korjauksia tarvitsevat kuntien ikääntyneet palvelurakennukset, lähiökerrostalot sekä vanhat rivi- ja omakotitalot kaikesta rakennuskannasta. Erityisesti kunto heikkenee kuntien kouluissa, päiväkodeissa ja toimitiloissa. Ennakoivaa kunnossapidon rahaa ohjataan kiiretöihin, jolloin pienistä korjaustarpeista tulee laiminlyöntien takia helposti laajoja. (1, s. 1.)

Suomessa tapahtuvasta rakennustuotannosta liki puolet on korjausrakentamisesta. Asuntojen osalta korjataan jo enemmän kuin rakennetaan uutta. Korjausrakentamishankkeet ovat kuitenkin luonteeltaan hyvin erilaisia kuin uudisrakentaminen. Hankkeet ovat pienempiä kuin uudisrakentamisessa ja suunnitelmien valmiusaste on heikompi. Korjausrakentamishankkeet ovat hyvin moninaisia. Pienet ja keskisuuret rakennusyritykset hallitsevat asuinrakennusten korjausmarkkinoilla. Suuret yritykset keskittyvät enemmän muiden rakennusten korjaushankkeisiin. (1, s. 1.)

Korjausrakentamisen prosessi on erilainen ja sen kehittäminen eroaa uudisrakentamisesta. Korjausrakentamisessa puretaan, korjataan tai rakennetaan uutta. Korjausrakennuskohteet ovat yleensä käytössä suunnittelun aikana, monesti myös itse urakan aikana. Tämän vuoksi asiakaspalveluun on kiinnitettävä enem-

män huomiota kuin uudisrakentamisessa. Suunnittelijoilla ja rakentajilta vaaditaan enemmän ja erityyppistä osaamista korjausrakentamisessa kuin uudisrakentamisessa. Suunnittelijoiden on tiedettävä vanhoja rakennustapoja ja rakentajien korjausrakentamisen erityispiirteitä. (1, s. 1.)

2.1.1 Korjausrakentamisen suunnittelu

Inventointimalli on olemassa olevan rakennuksen lähtötietomalli korjausrakentamishankkeissa. Olemassa olevien rakennusten mallinnus korjausrakentamishankkeissa voidaan tarvittavasta tarkkuustasosta riippuen tehdä vanhojen piirustusten pohjalta tai sähköisten mittausten perusteella. Rakennuksen inventointimalli olemassa olevasta tilanteesta voidaan myös teettää erillisenä toimeksiantona joko mittauspalvelu yrityksessä ja arkkitehtitoimistossa. (2, s. 7.)

Inventointimalli ei välttämättä tarkoita 3D-mallia, vaan jotakin järjestelmällistä tapaa inventointitietojen kokoamiseksi. Inventointimallista saadaan yleensä parhain hyöty tekemällä siitä 3-ulotteinen. 3-ulotteisen inventointimallin pohjalta voidaan laatia luotettavimmat suunnitelmat ja pystytään varmistumaan suunnitelmien toimivuudesta, esimerkiksi talotekniikan sopimisesta olemassa oleviin rakenteisiin. (3, s. 2.)

Inventointimallin tulisi palvella mahdollisimman hyvin hankkeen tavoitteita. Mallinnettavien lähtötietojen hankintatapa, tarkkuustaso, käsittely ja tehtäväjako sovitaan projektikohtaisesti tilaajan ja projektiryhmän kanssa. Olennaista hankkeen jatkosuunnittelun kannalta on lähtötietojen mallintaminen tulevia tarpeita vastaavaksi. Hankkeen kannalta tärkeää on, että suunnittelijat ovat mukana määrittelemässä inventointimallin vaatimuksia. Tällöin voidaan etukäteen varautua esimerkiksi mahdollisiin ohjelmistojen välisiin tiedonsiirron ongelmiin. (4, s. 3.)

Mitataan ja inventoidaan olemassa oleva rakennus sekä tehdään sovitut tutkimukset, tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa. Tulosten pohjalta laaditaan inventointimalli, mittapiirustukset ja raportit. Inventointimalli on tilamallitasoinen tarveselvitys- ja hankeselvitysvaiheessa. Inventointimalli tehdään rakennusosamallitasoon, jos hankesuunnittelu tehdään ehdotussuunnitelmatasoon. (4, s. 7.)

Olemassa olevan rakennuksen vaaditusta tarkkuustasosta riippuen tarpeellisten lähtötietojen selvittäminen tarvitsee myös erityisalojen suunnittelijoiden ja muiden konsulttien asiantuntemusta. Olemassa olevan rakennuksen mallinnus tehdään paikalla tehtävien mittausten, inventointien ja tutkimuksien perusteella (taulukko 1). Mallinnusta täydennetään olemassa olevien piirustusten ja muiden dokumenttien pohjalta. (4, s. 2.)

TAULUKKO 1. Inventointimallintamisen prosessi etenee määrittelystä mittauksen ja inventoinnin kautta mallinnukseen ja tietojen hyödyntämiseen (3, s. 1)

Tekijä	Vaikutus	Mihin vaikuttaa
Hankkeen koko esim. mitataanko yksi rakennus vai useampia vastaavia	Toistuvuus pienentää kustannuksia ja projektin kestoa.	Vaikuttaa mallintamiseen
Vaadittu mittaus- ja mallinnustarkkuus	Korkeampi tarkkuus lisää kustannuksia ja projektin kestoa	Vaikuttaa kenttätyöhön, mittausaineiston käsittelyyn ja mallintamiseen
Turvallisuusvaatimukset ja kulkeminen mittauspaikalla	Rajoitettu työskentelyaika ja kulku lisäävät kustannuksia ja projektin kestoa	Vaikuttaa kenttätyöhön
Vaadittava toimitussisältö	Mallintaminen lisää kustannuksia ja projektin kestoa	Vaikuttaa jälkikäsittelyaikaan
Toimijan taitotaso		Vaikuttaa kenttätyöhön, mittausaineiston käsittelyyn ja mallintamiseen
Sääolosuhteet	Huonot sääolosuhteet saattavat estää mittauksen	Vaikuttaa kenttätyöhön

Mittauksiin ja inventointimallien laadintaan tulee varata tarpeeksi aikaa, kohteen suuruus huomioiden. Mittaus- ja inventointimallinnuksen aikatauluun ja kustannuksiin vaikuttavat useat tekijät. Tarjouspyyntövaiheessa tulisi laatia mittaussuunnitelma, jonka avulla arvioidaan mittaustyön vaatimuksen mukaisuutta. Suunnitelmassa esitetään mittauspaikkojen tarkkuus, sijainnit ja määrät. (4, s. 7.)

Korjausrakentamiskohteissa käytetään arkkitehdin piirustuksia suunnittelun pohjana. Alkuperäinen arkkitehdinpiirustus tulee kuitenkin arkistoida erillisenä mahdollisia tarkistuksia varten. (2, s. 3.)

Inventointi-, alustava rakennusosa-, rakennusosat-, rakenne- ja järjestelmämallit tehdään mahdollisimman tarkkoina. Olemassa olevien rakennusten inventointimalleissa noudatetaan kuitenkin tarkoituksenmukaisuuden periaatetta. Inventointimalleissa absoluuttinen tarkkuus tekee niistä hankalasti hyödynnettäviä. Rakenteet ovat lähes aina vinoja, kaltevia, kaarevia tai muuten geometrialtaan

epämääräisiä. Pyrkiminen ”absoluuttiseen” tarkkuuteen inventointimallissa ei ole tarkoituksenmukaista. (2, s. 3; 4, s. 5.)

Inventointimalleja hyödynnetään havainnollistamisessa. Mallin avulla projektin osapuolille muodostuu yhtenäinen käsitys suunnitelmavaihtoehdoista. Tarjouspyynnössä ja suunnittelusopimuksessa projektikohtaisesti määritellään vaadittu havainnollistamisen määrä ja laatu. Inventointimallit sisältävätkin suuren osan havainnollistamisessa tarvittavasta lähtötiedoista. On kuitenkin huomioitava, että inventointimallit eivät aina mahdollista halutun lopputuloksen saavuttamista ilman lisätöitä. Havainnollistamisessa vaadittua mallin tietosisältöä ei aina voida määritellä ennakkoon. Tietosisällöstä ainakin osin päätetään projektin edetessä niin, että havainnollistaminen tarjoaa päätöksenteossa tarvittavan informaation. (2, s. 7.)

Hankkeen suunnitteluvaiheessa inventointimalli ja sen perusteella laaditut raportit toimivat lähtötietona ja tarjouspyyntömateriaalina. Inventointimalli ja mittaukset tulee käynnistää viimeistään suunnittelun valmisteluvaiheessa. Valmis inventointimalli sovitetaan suunnittelijan käyttämään ohjelmistoon. Inventointimallin perusteella laaditut raportit toimivat olemassa olevaa rakennusta kuvaavana materiaalina urakkatarjouspyynnöissä. (4, s. 7.)

Inventointimallia täydennetään rakennuttamisvaiheessa esimerkiksi piilossa olleiden rakenteiden ja mittatietojen osalta. Hankkeen edetessä täydentyvien mittatietojen toimitustavasta sovitaan erikseen. Myös piiloon jäävien uusien rakenteiden ja talotekniikan osalta voidaan tehdä mittauksia rakentamisvaiheessa ja ne tallennetaan toteutusmalliin. Rakentamisvaiheessa voidaan laserkeilata esimerkiksi ennen alakattojen asennusta piiloon jäävät talotekniikka-asennukset. Suunnittelijoiden toteutusmallit kootaan käyttöönottovaiheessa inventointimallin kanssa palvelemaan kiinteistön käytön ja ylläpidon tarpeita. (4, s. 7.)

2.1.2 Korjausrakentamisen suunnittelua tukevat mittamenetelmät

Laseretäisyysmittarilla mitataan etäisyyksiä, joista mittaajalle muodostuu mittaaineisto manuaalisesti kirjatuista rakenneosien etäisyyksistä. Inventointimallia tai mittapiirustuksia ei voi tehdä geometrialtaan luotettaviksi laseretäisyysmittarilla,

koska ne eivät ole samassa koordinaatistossa. Laseretäisyysmittaus soveltuu yksittäisten etäisyyksien ja piirustusten oikeellisuuden tarkastamiseen esim. vanhojen piirustusten pohjalta mallinnettaessa. (4, s. 4.)

Takymetrillä tehdään mittaus määritellyistä pisteistä. Pisteistä muodostuu samassa koordinaatistossa olevia pisteitä, viivoja ja symboleja. Menetelmää käytetään piha-alueiden kartoitukseen ja täydentämään laserkeilausmittauksia. Geometrisesti yksinkertaisissa kohteissa takymetrimittaus soveltuu inventointimallin lähtötiedoksi. Lisämittaukset inventointimalliin ja mittauspiirustusten täydentämiseksi tulee tehdä paikan päällä. Oikeellisuuden tarkistaminen on visuaalisesti vaikeaa mittauksista, inventointimallista ja mittauspiirustuksista. Määriteltyjen mittapisteiden sijainnin poikkeama tulee olla alle 5 mm mitattaessa täkymetrillä. (4, s. 4.)

Laserkeilaamalla mittaus tehdään kattavasti kaikilta näkyviltä pinnoilta. Laserkeilaamalla oikeellisuus on todettavissa visuaalisesti ja mitta-aineisto on havainnollistavaa. Inventointimallia ja piirustuksia voidaan täydentää ja tarkastaa ilman kohdekäyntiä mitta-aineistosta. Laserkeilauksen mittaustarkkuus on kohina eli virhe max. ±10 mm, resoluutio eli pistetiheys on alle 5 mm välein mittapisteissä. (4, s. 4.)

Mittauksia voidaan tehdä tarkemmalla tasolla erityistapauksissa, kuten rakennushistoriallisissa kohteissa, joissa mittapisteitä on esim. 1 mm välein. Tarkemmalla tasolla tehtyjen mittausten työmäärä on kuitenkin huomattavasti suurempi. Tarvittaessa laserkeilausmittausta täydennetään takymetrimittauksen tai photogrametrian avulla, jos mitattava kohde on hankalassa paikassa esim. vesikatto. (4, s. 4.)

2.2 Korjausrakentaminen kehittyneellä mittamenetelmällä

Suunnittelun apuna laserkeilaus on kustannustehokas tapa korjauskohteen laajojen lähtötietojen keräämisessä. Etenkin kohteessa, joissa mittaus on tehtävä nopeasti, jos tarvitaan yksityiskohtaista tietoa monimuotoisesta kohteesta tai jos mittausalueet ovat vaikeasti saavutettavissa paikoissa. Laserkeilausprojekti suunnitellaan työntilaajan kanssa etukäteen huolellisesti, jotta kustannustehokkuus toteutuisi. (5, s. 1.)

Lähtötilanteen mallintamiseen liittyvät tietosisältövaatimukset ovat mittaukset, inventoinnit, tutkimukset ja tuotettavat dokumentit. Korjaushankkeessa lähtötilanteen mallintamisen sisällön ja tarkkuustason määrittely tehdään mittauksen ja inventointimallinnuksen tehtävänmäärittelylomakkeen (liite 2) avulla. Projektikohtaisesti täytetään aina tehtävänmäärittelylomake. (4, s. 2.)

Laserkeilauksen etukäteissuunnitelmassa tulee määrittää useita hankkeiseen liittyviä asioita. Niitä ovat mittauksen tarkkuus ja tarkoitus eli se, mihin mittoja tarvitaan ja miten niitä hyödynnetään. Kaikki saatavilla olevat tiedot, kuten valokuvat ja piirustukset kohteesta hyödynnetään. Mittauskohteiden muotoihin ja mittoihin perustuen määritetään mittausten sijoittelu ja lukumäärä. Työnkulku ja mittausten sijoittelu käydään läpi esimerkiksi piirustuksien tai valokuvien avulla. Mikäli mittatarkkuus ei ole sama kaikissa tiloissa, niin määritellään eri tarkkuudella tehtävien alueiden mittatarkkuus. Mittauksien aikataulu suunnitellaan valmiiksi hankkeen eri vaiheisiin. Tilaajan kanssa sovitaan työskentelyajat kohteessa, ovien avaaminen ja muut työskentelyyn vaikuttavat asiat, kuten mittausympäristö ja olosuhteet, turvallisuus, ahtaat tilat tai rajoitettu pääsy mittausalueelle. (6, s. 1.)

Korjaushankkeissa laserkeilausta käytetään mallinnuksen tukena ja mittojen keräämisessä. Suunnittelijat käyttävät laserkeilauksesta saatavaa 360°-värivalokuvaa sekä pistepilveä kohteen ja mittojen tarkasteluun. Myös dokumentointitarkoituksena käytetään kohteen laserkeilauksesta saatavaa pistepilveä. Laserkeilauksessa rakennuksen kaikki näkyvät pinnat keilataan. (6, s. 1.)

Hankesuunnitteluvaiheessa korjauskohde yleensä keilataan. Laserkeilaus voidaan tehdä jo tarvesuunnitteluvaiheessa, jos hankkeen toteutuminen on todennäköistä. Purkutöiden jälkeen sekä toteutusvaiheessa tehdään vielä täydentäviä laserkeilauksia. Purkutöiden jälkeen tehdyissä keilauksissa piilossa olevat rakenteet ja järjestelmät saadaan keilattua. Purkuvaiheen kesto on yleensä lyhyt, eikä laserkeilausta siinä vaiheessa haluta tehdä. Purkuvaiheen keilauksella saavutettaisiin kuitenkin hyötyä suunnittelijoille. Purun jälkeen selviävät piilossa olevat rakenteet, jotka voivat helpottaa esimerkiksi talotekniikan sijoittua. Toteutuksen aikana tehtävää keilausta esimerkiksi ennen alakattojen asennusta voisin hyödyntää myöhemmissä korjauksissa. Hankkeen toteutusvaiheessa ei keilausta kuitenkaan vielä käytännössä tehdä. (6, s. 1.)

Laserkeilausta käytetään rakennuksen lähtötietoaineiston saavuttamiseksi korjaus- tai muutosrakentamisessa. Laserkeilauksesta tietomalliksi -prosessia (Scan to BIM), joka on kohteessa suorittava inventointien työvaihe. Pistepilvi tekee kolmiulotteista, ajantasaista ja mittatarkkaa tietoa kohteesta tietomallinnuksen pohjaksi. Pistepilvi tuo suunnitteluprosesseihin digitaaliseen muotoon muutettua tietoa kohteen mitoista ja geometriasta. (7, s. 47–50.)

Vanhemmissa rakennuksissa piirustuksien paperidokumentaatio on puutteellista tai sitä ei ole ollenkaan. Puutteellisten piirustusten takia laserkeilaus voidaan suorittaa lähtötietoaineiston saavuttamiseksi tai rakennushistoriallisena dokumentointina suojelluissa ja kulttuurihistoriallisesti merkittävissä kohteissa. Suomessa tällaisia kohteita ovat kirkot ja kartanot. (7, s. 47–50.)

Rakennuksessa korjaus- ja muutostyöt saattavat koskea osaa rakennuksesta, esimerkiksi teknisiä tiloja ja laitteita. Esimerkiksi esteettömyystarkastelut ja hissin tuominen hissittömään rakennukseen ovat erityisesimerkkejä, joissa laserkeilaus on hyvä menetelmä, koska pistepilvi mahdollistaa mittojen kolmiulotteisen tarkastelun. Talotekniikan ja hissien saneerauksissa oleellisinta on tarkka mittatieto hankkeen laadun varmistamisessa. Pistepilven hyvä visuaalisuus mahdollistaa ratkaisuvaihtoehtojen esittelyn asukkaille ja kiinteistön käyttäjille. (7, s. 47–50.)

Laserkeilaus soveltuu ulko- ja sisäkäyttöön, minkä vuoksi sitä voidaan käyttää esimerkiksi julkisivujen korjaussuunnittelussa. Julkisivujen kuntoa kartoittavaa laserkeilausta tehdään maanpinnalta, koska se on turvallista ja taloudellista. Maasta tehtävä laserkeilaus ei aina mahdollista kattomuotojen keilausta, minkä vuoksi avuksi tarvitaan ilmakuvaus. Ilmakuvauksesta saadaan fotogrammetrisesti pistepilvi tuotettua, joka voidaan yhdistää laserkeilatun julkisivun pistepilven kanssa. Tällä tavalla saadaan kattavaa mitta- ja muototietoa rakennuksen vaipasta. Julkisivujen tarkastelussa ja tulkinnassa pistepilviaineiston fotorealisuus on tärkeässä osassa. (7, s. 47–50.)

Dokumentointitapana laserkeilaus ja pistepilven vahvuus tulevat esille silloin, kun halutaan varmistua, miten suunniteltu rakennustyö on lopulta toteutettu. Loppudokumentaatioon pitäisi päivittää rakennustyömaan aikana tapahtuneet muutok-

set. Laserkeilaus, joka tehdään toteutuksen aikana, toimii rakennustyömaan laadun arvioinnin apuna sekä muutosten havaitsemisessa. Toteutuksesta tehty pistepilvi ja tietomalli mahdollistavat eroavuustarkastelun sekä as-built -informaation keräämisen. (7, s. 47–50.)

2.2.1 Laserkeilaus

Kolmiulotteista mittatietoa tuottaa etäisyysmittamenetelmä 3D-laserkeilaus. Laserkeilauksella mittaustapana on monia etuja, mutta varsinainen hyöty siitä syntyy mitatun datan hyödyntämisessä. Laserkeilauksella pystytään minuuteissa tuottamaan miljoonia mittapisteitä ja kuvallista informaatiota, minkä vuoksi sen käyttäminen on nopeaa ja kattavaa. Mittausmenetelmänä laserkeilaus soveltuu monenlaisiin ja -kokoisiin kohteisiin. (5, s. 1.)

Tarkka, kattava ja luotettava mitta-aineisto on laserkeilauksen etu verrattuna muihin mittamenetelmiin. Keilaus pystytään suorittamaan nopeasti ja helposti suurissa ja monimuotoisissa kohteissa. Ahtaat paikat, paikalla valetun laatan tai palkkien painumat voidaan havaita laserkeilauksen avulla. Laserkeilauksen aineisto voidaan hyödyntää kohteen visualisointiin. Laserkeilauksen käyttö on turvallisempaa esim. korkeissa kohteissa kuin käsin mittaus. (6, s. 2.)

Erityisesti mittaviin ja suuriin korjauskohteisiin soveltuu laserkeilaus. Hyödyllinen se on kohteisiin, joissa ei ole ajantasaisia piirustuksia, joissa on monimuotoinen geometria, paljon tekniikkaa ja rakenteita. Koulut, sairaalat, arvorakennukset ja toimistot ovat tyypillisiä keilauskohteita. Yksittäisiä julkisivuja tai kylpyhuoneitatiloja on keilattu pelkästään, koska korjaus on koskenut vain niitä tiloja korjaushankkeissa. Kun korjauskohteen muutokset ovat vähäisiä tai mallinnustarkkuus ei ole tärkeä, voidaan käyttää vanhoja piirustuksia tai muuta mittamenetelmää. (6, s. 2.)

Suunnittelijan tultua hankkeeseen on korjauskohde monesti jo keilattu. Tästä voi aiheutua haasteita mittatarkkuuksien määrittelyllä ja mittaaja on voinut esim. käyttää liian harvaa tai tiheää pistetiheyttä. Liian tiheä pistetiheys tuo haasteeksi suuret tiedostokoot, minkä vuoksi tiedoston hyödyntäminen on hankalaa. Aineiston käyttötarkkuuden perusteella tulisi suunnitella mittatarkkuus rakennuksen eri

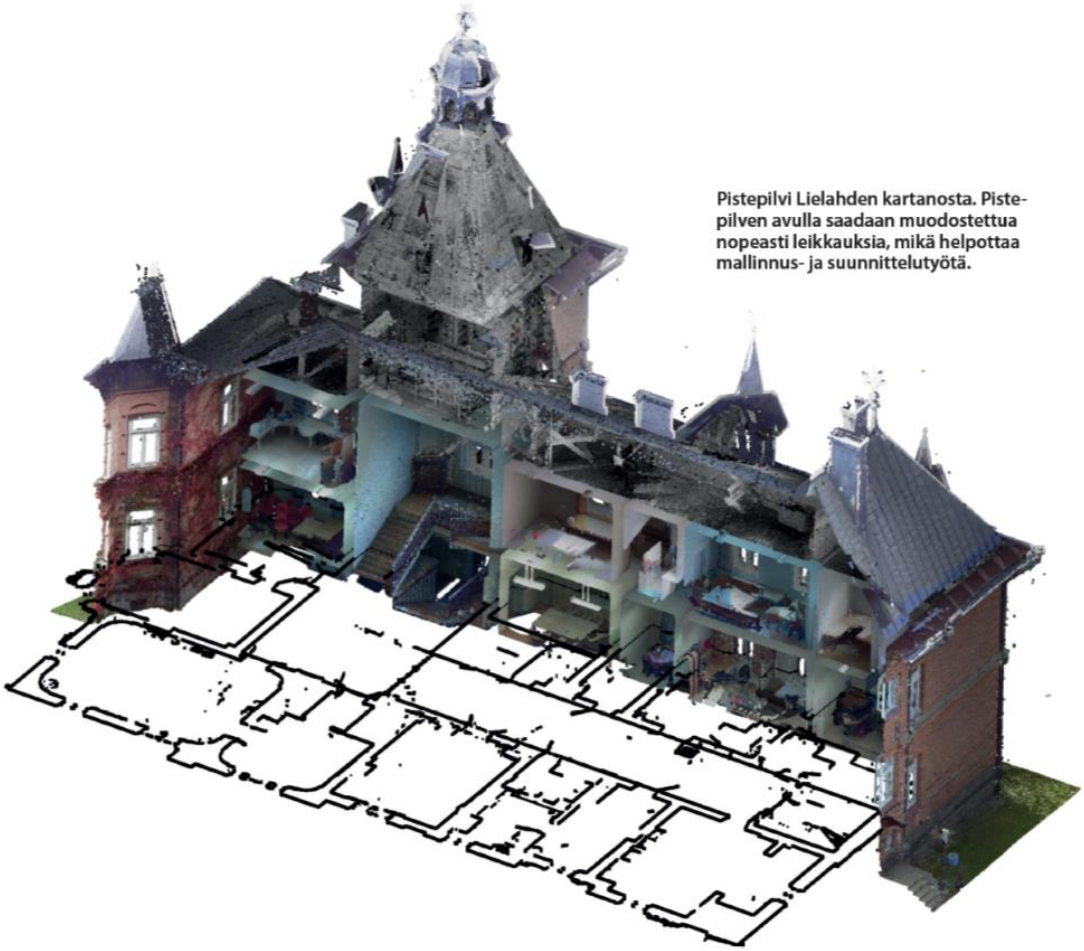
kohdissa. Korjaushankkeissa laserkeilaus on sujunut pääasiassa hyvin ja materiaali on ollut käyttökelpoista. Jossakin kohteissa on keilaukseen jäänyt katvealueita, mikä voi hankaloittaa kohteen mallintamista myöhemmin. (6, s. 3.)

Käyttäjien kanssa pidetään palaveri, jossa selvitetään keilattavat tilat, keilauspäivä, keilauksen vaikutus käyttäjiin ja tiloihin pääsy. Näistä asioista muodostuu keilausaikataulu. (6, s. 3.)

2.2.2 Laserkeilauksesta saatava pistepilvi

Inventointimalli tilataan monesti konsultilta tai joissakin organisaatioissa tehdään itse. Suunnittelijoiden pitäisi käydä mallintajien kanssa läpi mallinnukseen liittyvät yksityiskohdat ja tehtävänmäärittely, jos mallinnus tilataan erikseen konsultilta. Mallintaja voi toimittaa mallin osissa suunnittelijalle, jos hankkeen aikataulu on tiukka. Suunnittelusopimukseen on joissakin hankkeissa sisällytetty mallinnus. Jos suunnittelija tekee mallinnuksen itselleen sopivaksi, hän myös pystyy hyödyntämään sen parhaiten ja silloin ei tule myöskään ongelmia eri tiedostomuodoista aiheutuvista ongelmista. On kuitenkin paljon suunnittelijoita, joilla ei ole tarpeeksi resursseja tai halua tehdä mallinnusta itse. (6, s. 2.)

Todellisuuden digitaalinen kopio on kolmiulotteinen pistepilvi (kuva 2). Pistepilvi koostuu yksittäisistä värillisistä 3D-mittapisteistä. Pistepilvi sopii geometrian ja visuaalisuutensa takia kiinteistö- ja rakennusalan ammattilaisen käyttöön sekä monenlaisiin käyttötarkoituksiin. (7, s. 47–50.)



KUVA 2. Pistepilvi Lielahden kartanosta (7, s. 47)

Usealla tavalla ja eri käyttötilanteissa tulevat esiin 3D-laserkeilaustuotoksella syntyvän pistepilven hyödyt. Pistepilveä voidaan hyödyntää monin tavoin. Tiedonsiirto osallistujien kesken ja suunnitelmien laatu paranee. Koko suunnitteluprosessin virheet vähenevät, suunnitteluprosessi tehostuu ja näillä toimilla varmistetaan tavoitteen mukainen lopputulos. Pistepilvi havainnollistaa lähtötilanteessa kohteen rajoitteet ja mahdollisuudet jatkosuunnittelulle. (5, s. 1.)

Pistepilvi muodostaa yksittäisiä, ympäristön ja rakennuksen pinnoilta mitattuja pisteitä. Pisteet muodostavat tarkan kolmiulotteiseen xyz-koordinaattiin olevan pistepilven. Useat laserkeilaimet muodostavat 360°-värivalokuvaa keilauksesta. Pistepilvi tuottaa tiheää ja värillistä pistejoukkoa, joka luo kolmiulotteisen reaalimaailman kohteesta (kuva 3). Pistepilven jatkokäsittely on mahdollista monilla suunnitteluohjelmilla. Lähdetiedoksi pistepilvet voidaan lukea CAD-ohjelmiin tai tietomallinnusohjelmiin. (5, s. 1.)

KUVA 3. Esimerkki laserkeilaimella kerätystä pistepilvestä ja sen yksityiskohdista (7, s. 47)

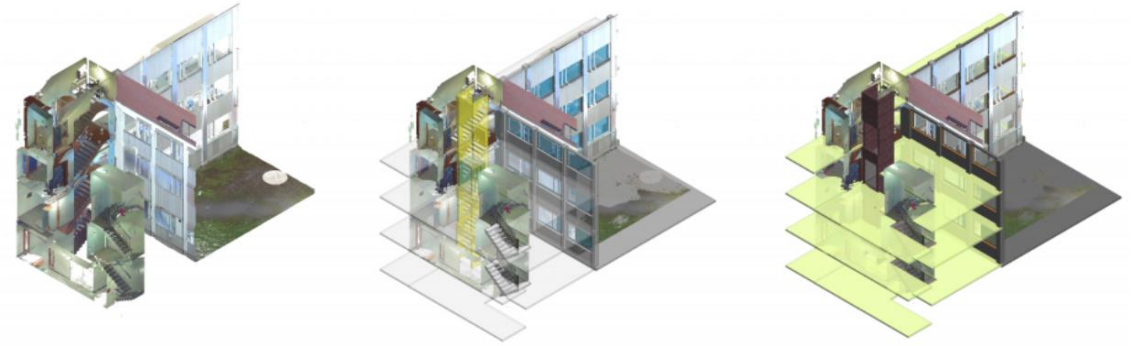
2.2.3 Pistepilvestä tietomalli

Suunnittelu kannattaa toteuttaa tietomallinnuksella saneerauskohteissa, kun tehdään rakenteellisia muutoksia tai uusitaan talotekniikkaa. Tietomallin kolmiulotteisuus mahdollistaa törmäystarkastelun ja havainnollisemman visuaalisen tarkastelun. Tietomalli mahdollistaa myös laskelmien, analyysien ja simulaatioiden lähtötiedot (esim. kustannus, energia, elinkaari ja olosuhde). (5, s. 1.)

Yksinkertaisimmillaan pistepilvestä tuotetaan monikulmioihin perustuva kuorimalli eli mesh-malli. Kuorimallissa nähdään rakenteiden muodot ilman kantavuus- ja materiaalitietoja. Suunnittelua varten kohde inventoidaan, joka tarkoittaa lähtötietojen dokumentointia tarkoituksenmukaisessa ja systemaattisessa muodossa. Inventoinnin toteutustapa ei ole tietomalli. Esimerkiksi inventointeja tehtäessä selvitetään kohteen ominaisuuksia eli kantavien rakenteiden sijainnit, rakennusmateriaalit ja talotekniikan reitit. (5, s. 1.)

Pistepilven ja inventointien perusteella voidaan laatia tietomalli. Tietomallin laatiminen inventointien ja pistepilven perusteella on työlästä. Pistepilvestä ja tieto-

mallista voidaan tehdä hybridimalli (kuva 4). Hybridimallissa on osa pistepilvimuodossa ja korjattava alue tietomallina. Tästä hyvä esimerkki voi olla, että säilytettävät rakenteet ovat pistepilvenä ja kaikki uudet rakenteet, järjestelmät ja asennukset esitetäänkin yhteisessä koordinaatiossa olevana tuotemallina. (5, s. 1.)



KUVA 4. Esimerkki Hybridimallista (5, s. 1)

Tietomalli hyödyttää korjausrakentamisessa lähtötilanteen kuvaamisessa, visualisoinnissa, laadunvarmistuksessa, viestinnässä ja markkinoinnissa. Esimerkiksi asuntojen muutoksissa uusien tilojen tai muutosten suunnittelu ja liittäminen vanhaan on visuaalista. Lisäksi tuotannon suunnittelu ja materiaalihallinto, määräluettelot, aikataulutus helpottuvat. (5, s. 1.)

Tietomallia hyödynnetään osapuolien tiedonsiirron parantamiseen, suunnitelmien laadun varmistamiseen ja sitä kautta suunnitteluprosessin tehostamiseen. Suunnitelmatiedoista pieni osa tarkastetaan systemaattisesti perinteisessä suunnitteluprosessissa. Puolet suunnitelmien sisällöstä on mahdollista tarkistaa ja analysoida systemaattisesti tietomallintamisen avulla. Tietomallilla on mahdollista tarkistaa rakenneosien päällekkäisyydet ja niiden aiheuttamat ongelmat. (5, s. 1.)

2.3 Tietomalli

Rakennuksesta luodaan digitaalisesti yksi tai useampi todellisuutta vastaava virtuaalimalli BIM-teknologialla (Building Information Modeling, BIM, rakennuksen tietomalli). Tietomallit tukevat rakennuksen ja rakentamisen suunnittelua kaikissa vaiheissa ja mahdollistavat sujuvamman analytiikan ja hallinnan kuin manuaaliset prosessit. Tietomallit sisältävät rakennuksen täsmällisen geometrian ja tiedot,

joita tarvitaan rakentamisen, osien valmistuksen ja hankintatoimen tukena rakennusvaiheessa. (8, s. 1.)

Tavoitteena tietomallinnuksella on tukea suunnittelua ja rakentamisen laatua, tehokkuutta, turvallisuutta ja kestävän kehityksen mukaista hanke- ja elinkaariprosessia. Rakennushankkeen alkuvaiheissa osapuolilla on tarve määritellä entistä täsmällisemmin, mitä ja miten tietomallinnetaan. Koko rakennuksen elinkaaren ajan tietomalleja käytetään hyväksi. Niitä hyödynnetään suunnittelun alusta rakennuksen ylläpitoon asti. (2, s. 1- 2.)

Tietomallinnus mahdollistaa samanaikaisesti ratkaisujen toimivuuden, laajuuden ja kustannuksien vertailun investointipäätöksien tueksi. Tietomallintaminen mahdollistaa myös energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit, suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden analysoimisen. Rakennushankkeen vertailu, suunnittelu ja ylläpidon tavoiteseuranta varmistaa laadun, parantaa tiedonsiirtoa ja tehostaa suunnitteluprosessia. (2, s. 2.)

Tietomalleille on asetettava hankekohtaiset painopistealueet ja tavoitteet. Mallin avulla voidaan sitouttaa osapuolet hankkeen tavoitteisiin ja havainnollistaa suunnitteluratkaisuja. Tavoitteiden ja painopisteiden pohjalta määritetään projektikohtaiset vaatimukset. Tietomallinnuksen tavoitteet tukevat päätöksentekoprosessia, auttavat suunnittelua, suunnitelmien yhteen sopimista sekä varmistavat rakennusprosessin ja lopputuotteen laatua. Ne tehostavat rakentamisaikaisia prosesseja, parantavat turvallisuutta sekä rakentamisen aikana, että sen elinkaarella. (2, s. 2.)

Tilaaja asettaa tavoitteet tietomallintamisen hyödyntämiselle rakennushankkeessa sekä rakennuksen ylläpidossa hankkeen alkuvaiheessa. Etukäteen suunnittelemalla vaadittava tietomallintamisen sisällöllä saavutetaan seuraavat asiat: Osapuolet ymmärtävät ja sopivat projektin sekä käytön ja ylläpidon tietomallintamiseen liittyvät päämäärät, tavoitteet ja käyttötarkoitukset. Lisäksi osapuolet ymmärtävät tietomallinnukseen tarvittavat resurssit, roolit, tehtävät ja vastuut. Tarvittava osaamistaso projektin läpiviemiseksi selviää suunnitelmasta. (9, s. 3.)

Projektitiimi suunnittelee tietomallintamisprosessin siten, että se tukee tavoitteiden saavuttamista. Projektin varhaisessa vaiheessa suunnitellaan koordinointitehtävät. Etukäteen esitellään suunnittelun rajapinnat, tiedonsiirto- ja tiedonhallintatarpeet. Projektiin myöhemmin liittyville osapuolille suunnitelma kuvaa yksiselitteisesti menettelyt. Toteutusmuoto/sopimukset ja niiden vaikutukset toimintaan voidaan ottaa huomioon. Asetettuja tavoitteita voidaan seurata projektin elinkaaren ajan. (9, s. 3.)

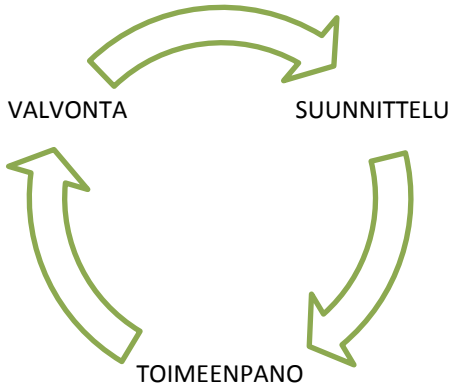
Tietomallinnustavoitteet, yhteistyön ja laadunvarmistuksen menettelyt sekä eri vaiheissa vaaditut tietomallinnustehtävät ja tietosisällöt kuvataan tietomallinnussuunnitelmassa. Tietomallisuunnitelmaa päivitetään hankkeen aikana ja se liitetään suunnittelu- ja urakkasopimuksiin. Kaikki osapuolet sisällytetään tietomallisuunnitelman jakeluun rakennushankkeen aikana. (9, s. 3.)

Eri osapuolten välinen yhteistyö varmistetaan suunnittelun ohjauksessa tietomallintamista koskevissa asioissa. Tietomallisuunnitelmalla seurataan tehtävien toimeenpanoa, toteutetaan tilaajan laadunvarmistustoimenpiteet ja päivitetään tietomallinnussuunnitelmaa tarvittaessa. Suunnitteluvaiheessa tuotettu suunnitelma-aineiston hyödyntäminen toteutuksessa varmistetaan rakentamisen valmisteluvaiheessa. Vaatimukset tietomallien käytölle rakentamisen aikana kirjataan urakka-asiakirjoihin. Urakka-asiakirjoissa kuvataan menettelytavat rakennusaikaisten muutosten viemiseksi toteumamalleihin. (9, s. 3.)

Tietomallinnuksen avulla lisätään rakennukseen liittyvää informaatiota. Mallinnuksella rakennusosiin voidaan liittää tietoa yksityiskohdista, kuten lämpö-, palo- ja ääniteknisistä ominaisuuksista sekä materiaaleista. Rakentamisen, käytön ja ylläpidon kustannuksia voidaan mallinnettujen tietojen avulla suunnitella, analysoida ja hallita rakentamista sekä esimerkiksi tarkastella rakennuksen rakennettavuutta. Projektijohtamisen näkökulmasta olisi merkityksellistä saada tietomallipohjaisesta suunnittelusta perinteistä suunnittelua enemmän tietoa ohjauksen tavoitteenmukaisuuden ja tärkeiden päätöksien perustaksi. (9, s. 1.)

Hankkeen johdolta edellytetään sitoutumista alusta alkaen, kun hankkeessa käytetään tietomallintamista. Tietomallintamisen käyttö suunnittelutapana vaikuttaa

hankkeen läpivientiin projektinjohdon näkökulmasta (kuva 5). Mallintaminen tehostaa esimerkiksi hankkeen organisointia, vaiheistusta, aikataulua ja koordinointia. Tietomallihankkeissa tietotekninen osaaminen korostuu kaikkien hankeosapuolten välillä. Kehittyneet yhteistyötaidot sekä aktiivisen tiedonkulun ja vuorovaikutuksen käytännöt tarvitaan osapuolten välillä. (9, s. 1.)



KUVA 5. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen (9, s. 3)

Kokonaistavoitteiden saavuttamista tulee arvioida hankkeen alussa, saadaanko tietomallintamisella tuotettua hankkeelle lisäarvoa. Tietomallinnus soveltuu kaiken tyyppisiin rakennushankkeisiin suunnittelutavaksi. Haastavissa ja monimuotoisissa rakennushankkeissa korostuvat erityisesti tietomallintamisen käytöllä saavutettavat hyödyt. Tietomallinnus on keino systemaattisesti seurata asetettujen tavoitteiden toteutumista hankkeen aikana ja varmistaa paras mahdollinen lopputulos. Sen käytöstä ja käytön laajuudesta tulee tehdä päätös hankkeen valmisteluvaiheessa. (9, s. 1.)

Suunnittelu, toimeenpano ja valvonta ovat erilaisia osaprosesseja, jotka ovat johtamisen prosesseja. Projektin tietomallinnustehtävät ja -menettelyt suunnitellaan ennakolta, mitä tietomallihankkeen johtaminen ja koordinointi edellyttävät. Suunnitellut tehtävät ja menettelyt rakennushankkeen toteutukseen siirretään osapuolia sitovien sopimusten avulla. Sopimusjohtamisen merkitys korostuu tietomallintamalla suunniteltavissa hankkeissa. Projektinjohdon vaikuttamista rakennushankkeen organisoimiseen ja johtamiseen työtä ohjaavien sopimusten kautta nimitetään sopimusjohtamiseksi. (9, s. 1.)

Määritettyjen tehtävien ja laaditun suunnitelman mukaisesti suunnitellut tehtävät toimeenpannaan ja organisoidaan. Hankkeen edetessä ja määritetyissä projektikohtaisissa tarkastuspisteissä tehtävien suoritusta seurataan ja valvotaan. Projektinhallinnallisia riskejä saattaa lisätä tietomallintava suunnittelutapa, jos osapuolilla ei ole aiempaa kokemusta tietomallintamiseen liittyvästä prosessista. (9, s. 2.)

Tilaajan kaikilla sopimussuhteessa olevilla osapuolilla tulee olla tieto siitä, mitkä hankkeen tietomallinnustehtävät ovat heidän vastuullaan projektin eri vaiheissa. Suunnittelun käynnistämisen yhteydessä varmistetaan, että kaikki osapuolet tietävät hankkeen tietomallinnustavoitteet, tietomallin käyttötarkoituksen ja mallinnuksen laajuuden, aikataulun, tiedonvaihto- ja laadunvarmistusmenettelyt sekä raportointi- ja dokumentointivaatimukset. (9, s. 3.)

Edellisen vaiheen tulos toimii lähtötietona seuraavalle vaiheelle rakennushankkeessa. Suunnittelu- ja analyysitietoa on mahdollista saada projektin käyttöön malleista hankkeen eri vaiheissa ja määrittää, mitä hankintastrategiaa tilaaja käyttää. Tavoitteelliseen tilaajaohjaukseen pyritään tietomallintamalla suunniteltavat projektit. Tiedonsiirron yhteensopivuusongelmat saattavat tulla eri ohjelmien välillä ja ne on minimoitava oikea-aikaisilla hankintasopimuksilla ja selvittämällä jo ennakolta seuraavan vaiheen vaatimukset laadittaville tietomalleille. (9, s. 3.)

2.3.1 Tietomallintaminen suunnittelussa

Tietomalli on havaintoesitys, jonka avulla projektin osapuolille muodostuu yhtenäinen käsitys suunnitelmavaihtoehdoista. Tarjouspyynnössä ja suunnittelusopimuksessa esitetään projektikohtaiset määrä- ja laatuvaatimukset. Rakennuksen suunnitteluvaiheessa tietosisältöä ei voida määritellä ennakkoon, vaan projektin edetessä sitä täydennetään ja täydentäminen saattavat tuottaa lisätöitä. (2, s. 7.)

Tietomallien avulla eri suunnittelualojen suunnitelmat on sovitettu yhteen etukäteen, mikä vähentää ongelmatilanteita työmaalla. Myös 3D-tietomallipohjainen suunnittelu tarkentaa suunnitelmien mitoitusta mm. korkeusasemien osalta sekä luo edellytykset parantaa liittymien, risteilyjen ja muiden detaljikohtien suunnittelua. (10, s. 2.)

Piirustuksia tai muita suunnitelma-asiakirjoja tietomallit eivät korvaa. Olennaisinta on, että suunnitelma-asiakirjat ovat sisällöltään yhteneviä tietomallien kanssa ja piirustuksia tulostetaan tietomallista. Muutokset eivät saa olla ristiriidassa tietomallin kanssa, tarvittaessa piirustuksia voidaan muotoilla vastaamaan piirustusstandardien vaatimuksia tai parantamaan piirustuksen luettavuutta. (10, s. 2.)

2.3.2 Tietomalli toteutuksessa

Urakoitsijat käyttävät tietomallia järjestääkseen tuotannon sisältöjä. Tietomallien kolmiulotteinen havaintoesitys on helppo hyödyntää erilaisissa käyttötilanteissa. Tietomallia käytetään perehdyttäessä kohteeseen ja rakenteisiin sekä työjärjestysten suunnittelun ja töiden yhteensovittaminen. (2, s. 10.)

Tietomallista tehtävä määrälaskenta nopeuttaa ja mahdollistaa tarkemmat tulokset edellyttäen, että tietomalli on mittatarkka. Tietomallipohjainen määrälaskenta ja raporttipohjiin perustuvat määräluettelot poistavat merkittävän määrän päällekkäisiä töitä, mikä parantaa tuottavuutta. (2, s.10.)

Tietomallilla luodaan aikataulu, jonka tarkoituksena on antaa täydellinen rakentamisaikataulu tai täydentää tilaajalle annettavaa rakentamisaikataulua ja ohjata mm. järjestystä täydentävää suunnittelua. Projektiaikataulussa on kriittisiä kohtia, jotka aikataulutetaan. Käytännössä näitä ovat esimerkiksi perustus-, runko- ja purkutyö. Rakennus- ja asennustöiden etenemistä taltioidaan tietomalliin suunnitellussa aikataulussa. (2, s. 10.)

Rakennushankkeen toteutuksesta vastaavat urakoitsijat ja suunnittelijat hyödyntävät tietomallia käydessään läpi elementtiasennussuunnitelman ja paikallavalurakenteet sekä hyväksyvät tärkeimmät asennusjärjestykset, työaikaiset tuennat, jäykistykset ja muottijärjestelmät. Päätoteuttaja ja rakennesuunnittelija tarkastavat yhteistyössä elementtituennat, niiden sijainnin, turvallisuuden sekä logistiikan. (2, s. 10.)

Tietomallien oikeellisuus on oleellisinta tuotannon kannalta. Tietomallien tulee olla tehty teknisesti oikein ja tarkastettu suunnittelijalla sekä sovitettu yhteen muiden suunnittelijoiden kanssa. Tietomallin tekninen perusasia on, että mallinnettu-

jen rakenteiden dimensiot, sijainnit ja tunnukset ovat oikein. Esimerkiksi rakennusosien tyyppitunnusten on oltava oikein ja niiden tulee olla mallinnettu oikeilla työkaluilla, eikä mallissa saa olla esillä vaihtoehtoratkaisuja. (10, s. 2.)

Tietomallin hyödyntämistavat, joita urakoitsijat käyttävät, liittyvät tuotannon organisointiin. Näille tilaaja ei perinteisesti ole asettanut täsmällisiä vaatimuksia. Esimerkiksi rakentamisaikataulun laatimista edellytetään urakkasopimuksessa, mutta sen sisältöä ja muotoa ei määritellä täsmällisesti. Tietomallinnuksen hyödyntämismahdollisuuksista sovitaan projekteissa yksityiskohtaisesti, koska ne vaikuttavat muiden hankeosapuolten toimintaan ja päätoteuttajan velvoitteiden täyttämiseen. (10, s. 4.)

Monissa erilaisissa käyttötilanteissa tietomallien visuaalisuus on edelleen merkittävin mallien hyödyntämistapa. Tuotannonsuunnittelussa ja -ohjauksessa tärkeimpiä käyttökohteita ovat perehtyminen kohteeseen ja rakenteisiin sekä työjärjestysten suunnittelu ja töiden yhteensovittaminen. (10, s. 4.)

Oikein ja virheettömästi tehty tietomalli nopeuttaa määrälaskentaa ja antaa tarkemmat tulokset. Rakentamisen tuottavuutta tehostavat mallipohjainen määrälaskenta ja valmiisiin raporttipohjiin perustuvat määräluettelot, jotka poistavat merkittävän määrän päällekkäistä työtä. (10, s. 4.)

2.3.3 Tietomalli käytössä ja ylläpidossa

Kiinteistön elinkaaren kaikissa vaiheissa tietomallin tavoitteena on rakennuksen tietojen tehokas käyttö. Tietomallinnuksella saadaan hyöty ja kustannussäästö, kun rakennushankkeen mallit voidaan siirtää ajantasaisina ja tietosisällöltään riittävinä ylläpidon tarpeisiin. (11, s. 4.)

Rakennusvaiheessa tuotetaan toteutumamallit ja huoltokirja siten, että ne vastaavat toteutunutta rakennusta. Tietomallinnuksella varmistetaan, että rakentamisen aikana tehdyt muutokset on päivitetty malliin. Tilaajan asettamat normaalit huoltokirjoja koskevat aineistovaatimukset ovat kaikkien osapuolten työskentelymenetelmistään riippumatta täytettävä. Mallipohjaisia huoltokirjoja kehitetään edelleen ja toistaiseksi niitä vaaditaan ainoastaan poikkeustapauksissa. (2, s. 10.)

Tietomalli päätyy rakennushankkeen jälkeen tilaajan haltuun. Tietomalli menettää ajantasaisuutensa, jos sitä ei ylläpidetä. Tietomallin ylläpitämiseen kuitenkin liittyy työmäärä ja raha. Kiinteistönomistajilla voi olla hallussa tietomalleja, joiden arvo voi olla nolla, koska niitä ei ole ylläpidetty. Tilaajan on halvempi tehdä pienet muutokset 2D-suunnitelmina kuin malliin päivittämällä. (12, s. 1.)

Kiinteistöala ei ole pystynyt ottamaan tietomalleja ylläpidon käyttöön hyvistä yrityksistä huolimatta, vaikka noin 90 prosenttia rakennuksen kustannuksista ja tuotoista syntyy ylläpidon aikana. Tietomallia ei ole vielä suunniteltu ylläpidon tarpeisiin sopivaksi. Tietomallin hyödyntäminen ylläpidossa edellyttäisi, että sitä kehitettäisiin ylläpidon tarpeisiin. (12, s. 1.)

3 KYSELYTUTKIMUS LASERKEILAUKSEN JA TIETOMALLINTAMISEN KÄYTÖSTÄ TALONRAKENNUKSEN KORJAUSHANKKEISSA

Opinnäytetyössä tehdyllä kyselytutkimuksella selvitettiin laserkeilauksen ja tietomallintamisen käyttöä, hyötyä ja haasteita talonrakennuksen korjaushankkeissa. Kyselytutkimus tehtiin, koska oletuksena oli, että laserkeilausta ja tietomallintamista hyödynnetään vielä vähän korjausrakentamisessa.

Kyselyyn osallistui 9 henkilöä, jotka ovat olleet mukana korjaushankkeissa, joissa laserkeilausta ja tietomallintamista on käytetty. Kyselyyn vastanneet henkilöt olivat projektinvetäjiä, suunnittelijoita ja asiantuntijoita. Kysely tehtiin Google Forms -ohjelmalla 19.11. - 3.12.2018. Liitteessä 1 on esitetty kyselyrunko. Kyselyssä vastausvaihtoehtoina olivat kyllä, ei tai muu vastaus.

Kyselyn teemoja ovat laserkeilaus, lähtötilanne, suunnittelu, toteutus ja ylläpito. Kyselyn aihealue oli laaja, minkä vuoksi kyselyyn vastanneiden määrä oli vähäinen.

3.1 Korjauskohteen laserkeilaus

Laserkeilauksesta haluttiin tietää, minkälaisissa kohteissa sitä on käytetty ja voitaisiinko sitä jatkossa käyttää. Keilauksen laajuudesta kysyttiin siksi, koska haluttiin tietää, missä laajuudessa kohteet on keilattu, kuinka kauan keilaus oli kestänyt ja kannattaako sitä hyödyntää tulevissa projekteissa.

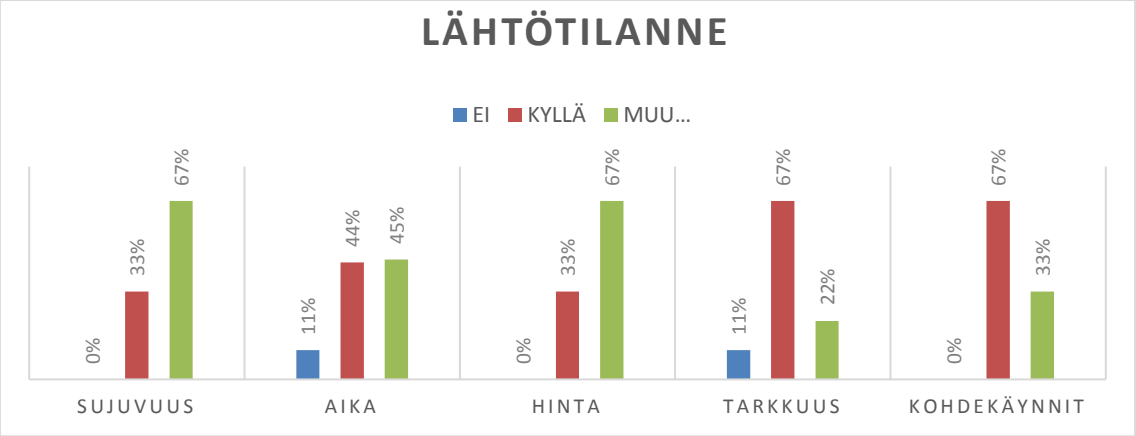
Vastauksista kävi ilmi, että laserkeilausta on käytetty vanhojen koulurakennusten peruskorjauksessa, teollisuuskiinteistön käyttötarkoituksen muutoksissa asunnoiksi ja liiketiloiksi, LVIS-peruskorjauksen (linjasaneeraus) hanke- ja toteutussuunnittelussa, toimistosaneerauksessa, kirkon peruskorjauksessa, toimitilarakennuksen peruskorjauksessa sekä puurakennuksien ja historiallisien rakennuksien saneerauksissa.

Kyselyn perusteella laserkeilausta käytettiin lähtötietoaineiston kokoamiseen hankkeessa. Laserkeilaus mahdollisti tarkan ja ajantasaisen mittatiedon sekä

mittatarkan lähtötietomallin. Keilauksien laajuuksia ovat olleet koko rakennus, pelkät julkisivut tai sisätilat. Kohteet keilattiin kattavasti, esimerkiksi jokainen huone/tila, piha-alue, julkisivut sekä vesikatot. Keilauksen kesto on vaihdellut päivästä useampaan päivään ja lähtötietoaineiston toimittaminen on kestänyt muutamista päivistä kuukauteen riippuen kohteen koosta ja siitä, millaisessa muodossa mittatieto on toimitettu.

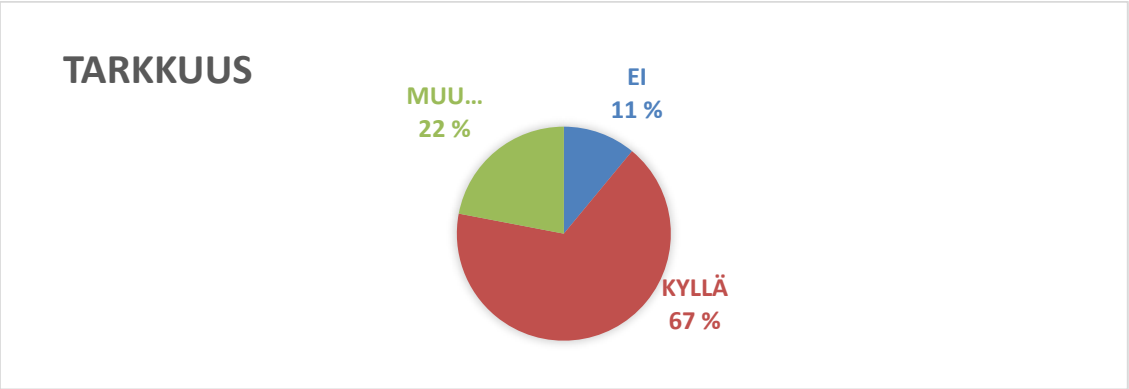
3.2 Korjauskohteen lähtötilanteen kartoitus

Lähtötilanteen kysymyksillä haluttiin tietää, onko laserkeilaus tehokkaampi lähtötietojen keräysmenetelmä aiempiin menetelmiin verrattuna. Aiempia menetelmiä olivat olleet käsin mittaus, piirustuksista mittaus ja takymetri. Lähtötilanne osiossa kysyttiin, oliko pistepilvestä lähtötietomallintaminen sujuvampi, ajallisesti tehokkaampi, kalliimpi, tarkempi ja vähensikö kohdekäyntejä aiempaan menetelmään verrattuna. Kuvassa 6 on esitetty vertailutaulukko, josta käy ilmi, että erityisesti laserkeilauksen positiivinen vaikutus näkyy tarkkuuden parantumisena ja kohdekäyntien vähentymisenä.



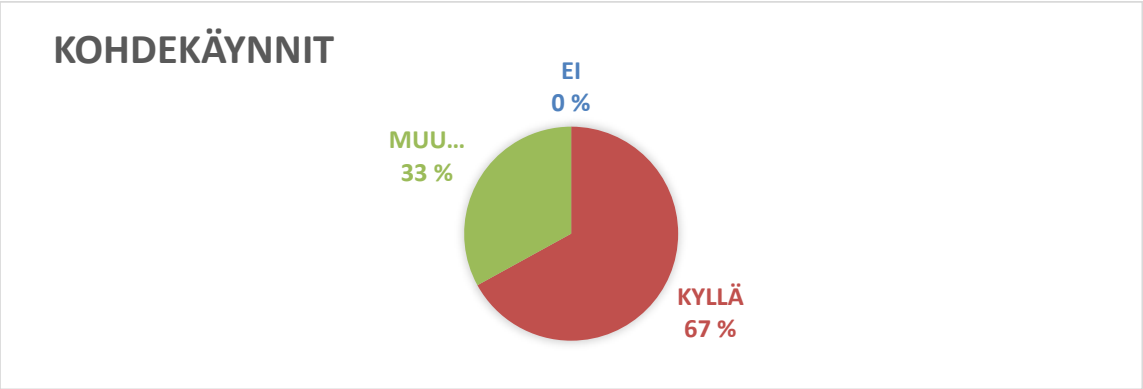
KUVA 6. Korjauskohteen suunnittelun lähtötilanne

Kysymykseen, saatiinko laserkeilauksella tehdyksi tarkempi lähtötietomalli verrattuna aiempaan menetelmään, vastasi 67 % kyllä. Vastauksien prosenttiosuudet on esitetty kuvassa 7. Käyttäjät halusivat nostaa esille esimerkiksi seuraavia asioita: ”Riippuu kohteesta. Mitä monimuotoisempi kohde, sitä enemmän keilaus erottuu edukseen.” ”Jos kyseessä on esimerkiksi säännönmukainen kerrostalo, takymetrin tarkkuustaso on yhtä hyvä.” ”Jos verrataan takymetrimittaukseen, niin laserkeilauksella saadaan ehdottomasti tarkempi lähtötietomalli.”



KUVA 7. Korjauskohteen lähtötietojen tarkkuus lähtötilanteessa

Kysymykseen, vähensikö laserkeilauksesta saatava pistepilvi kohdekäyntejä lähtötietomallivaiheessa, vastasi 67 % kyllä. Vastauksien prosenttiosuudet esitetty kuvassa 8. Eräs vastaajista kertoi seuraavaa: ”Jos pistepilven tarkkuus on riittävä, se vähentää merkittävästi tarvittavien kohdekäyntien määrää.”

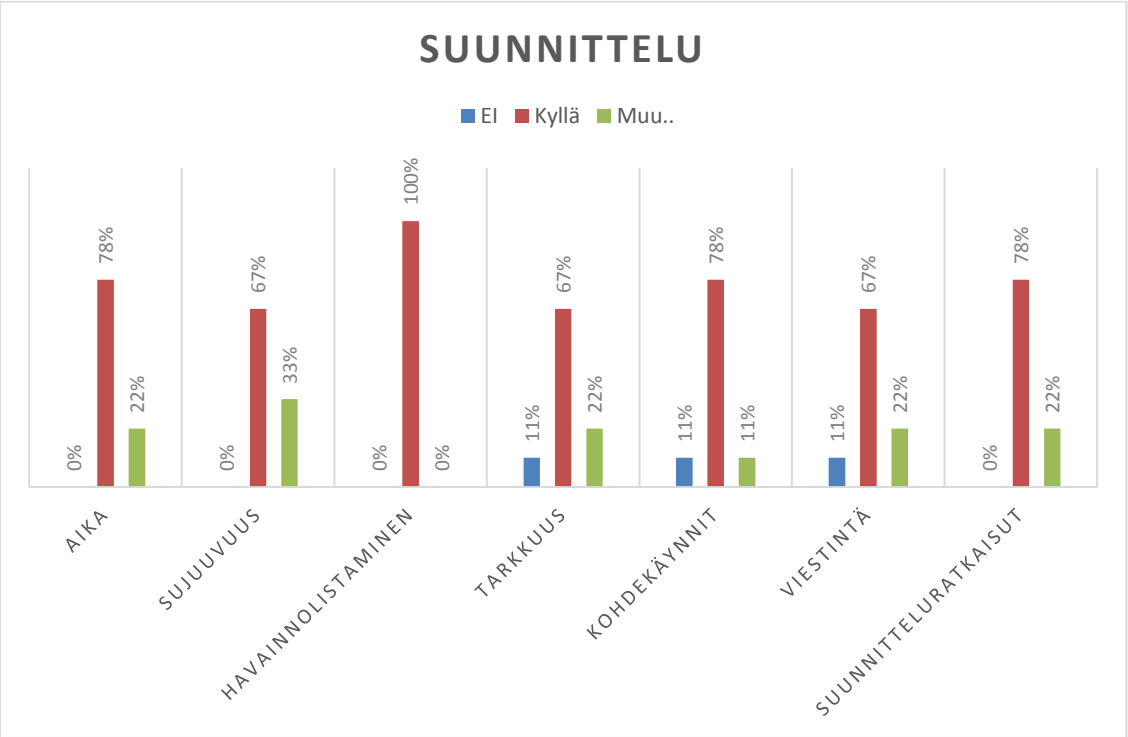


KUVA 8. Korjauskohteen kohdekäynnit lähtötilanteessa

3.3 Korjauskohteen suunnittelu tietomallilla

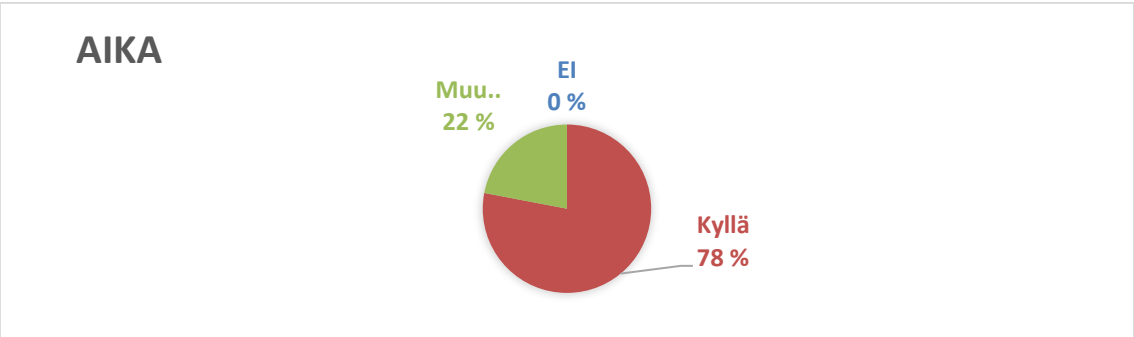
Suunnitteluosiossa haluttiin tietää, onko mittatarkasta tietomallista ollut hyötyä talonrakennuksen korjausrakentamisen suunnittelussa. Suunnitteluosiossa kysyttiin, oliko mittatarkka tietomalli ajallisesti tehokkaampi tai sujuvampi, helpottiko se havainnollistamista tai saatiinko tehtyä tarkemmat suunnitelmat. Suunnitteluosiossa kysyttiin myös, oliko mittatarkasta tietomallista hyötyä suunnittelussa, vähensikö se kohdekäyntejä, helpottiko suunnitteluratkaisujen valintaa ja paransiko viestintää. Kuvassa 9 on esitetty vertailutaulukko, josta kävi ilmi, että erityisesti tietomallin positiivinen vaikutus näkyy suunnitteluvaiheessa havainnollista-

misessa, kohdekäyntien ja ajan vähentymisenä sekä suunnitteluratkaisujen valinnassa. Vastauksista käy myös ilmi, että tietomallilla suunnittelu on sujuvampaa ja tarkempaa sekä viestintä tehokkaampaa.



KUVA 9. Korjauskohteen suunnittelu tietomallilla

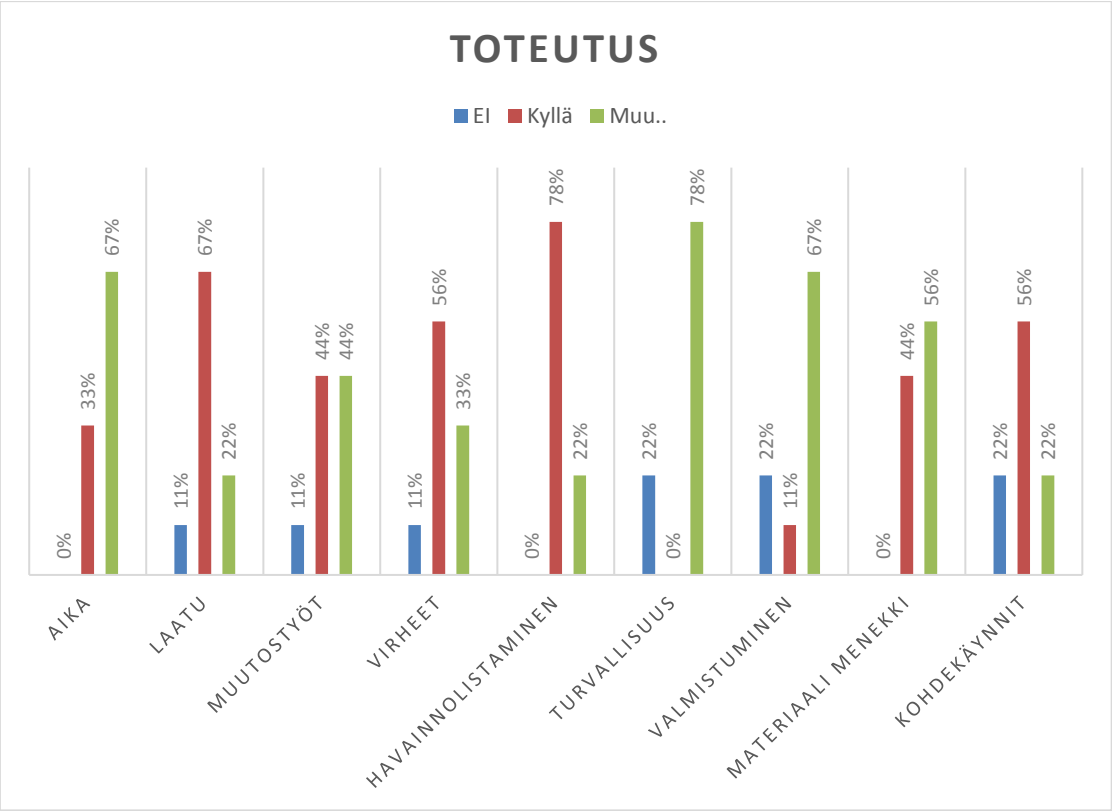
Kysymykseen, tehostiko mittatarkkatietomalli suunnittelua ajallisesti, vastasi 78 % kyllä. Vastauksien prosenttiosuudet esitetty kuvassa 10. Eräs vastaajista kertoi, että ”malli ei ollut keilauksen osalta mittatarkka, ei tehostanut ajallisesti vaan epätarkkuus aiheutti piirustusten korjailua”.



KUVA 10. Suunnitteluajan näkyminen tietomallia käyttäen

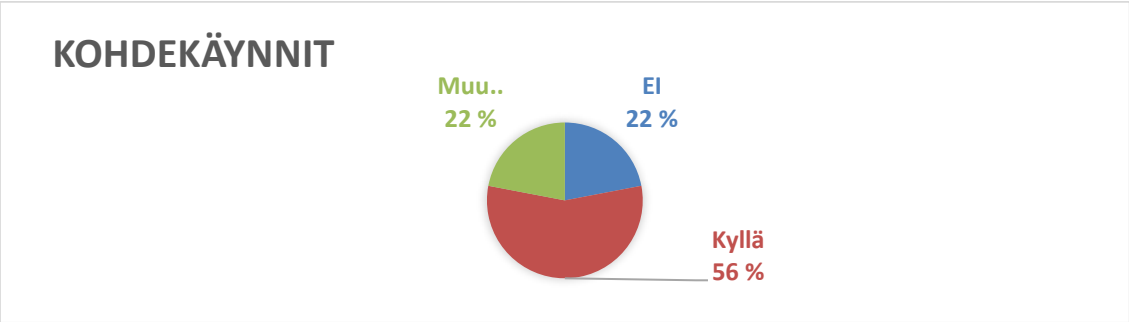
3.4 Korjauskohteen toteutus tietomalilla

Toteutusosion kysymyksissä haluttiin tietää, onko mittatarkalla tietomallilla pystytty parantamaan toteutuksen läpivientiä. Toteutusosiossa kysyttiin, oliko mittatarkka tietomalli tehokkaampi ajallisesti, paransiko laatua, vähensikö muutostöitä, vähensikö virheitä tai paransiko havainnollistamista toteutuksessa. Toteutusosiossa kysyttiin myös, oliko mittatarkasta tietomallista tehty toteutus turvallisempi, valmistuiko aikataulussa, oliko materiaalimenekki tarkempaa tai vähensinkö kohdekäyntejä. Kuvassa 11 on esitetty vertailutaulukko, josta käy ilmi, että tietomallintamisen käyttö koettiin parantavan toteutuksen laatua ja kohteen havainnollistamista, tarketavan materiaalimenekin määrittelyä sekä vähentävän kohdekäyntejä, virheitä ja muutostöitä.



KUVA 11. Tietomallia tukena hankkeen toteutuksessa

Kysymykseen, vähensikö mittatarkka tietomalli kohdekäyntejä toteutusvaiheessa, vastasi 56 % kyllä. Vastauksien prosenttiosuudet esitetty kuvassa 12. Eräs vastaajista kertoi seuraavaa: ”Keilauksella saadaan vain pintojen malli luotua. Purkuaikana tulee varmasti yllätyksiä vastaan, josta seuraa työmaakäyntejä. Jos mahdollista keilaus tulisi tehdä pintarakenteiden purun jälkeen.”



KUVA 12. Toteutuksen kohdekäynnit

3.5 Korjauskohteen käyttö ja ylläpito tietomalilla

Kyselyssä selvitettiin, tehtiinkö hankkeista toteutusmalli palvelemaan kiinteistön käytön ja ylläpidon tarpeita. Vastauksista ilmeni, että tällaista tietomallia ei ole tehty, mutta sitä on mietitty tehtäväksi.

4 LASERKEILAUKSEN JA TIETOMALLINTAMISEN KÄYTÖN TULOKSET TALONRAKENNUKSEN KORJAUSHANKEESSA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voidaanko laserkeilauksella ja tietomallintamisella tehostaa talonrakennuksen korjauskohteiden lähtötietojen keräystä, suunnittelua, toteutusta ja ylläpitoa. Luvussa 4 esitettävät tulokset on laadittu teorian ja kyselytutkimuksen pohjalta.

Heikko ylläpito ja korjaaminen on tullut esille kuntien rakennuskannassa ja asunto-osakeyhtiöissä. Korjausrakentamisessa kiinteistönpito ja oikea-aikainen korjaaminen ovat tärkeässä asemassa, kun rakennuksia ylläpidetään suunnitelmallisesti. Korjausinvestointeja ja kunnossapitoa pitäisi tehostaa asuinrakennuksissa.

Tutkimuksessa kävi ilmi, että korjausrakentamisessa käytettävä inventointimallinnus tulisi tehdä 3-ulotteisena. Sen pohjalta voitaisiin laatia luotettavimmat suunnitelmat ja pystyttäisiin varmistamaan suunnitelmien sopiminen olemassa oleviin rakenteisiin. Inventointimalli palvelee hankkeen tavoitteita, jos mallinnettavien lähtötietojen hankintapa, tarkkuustaso, käsittely ja tehtävänjako sovitaan projektikohtaisesti tilaajan ja projektiryhmän kanssa. Korjaushankkeessa lähtötilanteen mallintamisen sisällön ja tarkkuustason määrittely tehdään mittauksen ja inventointimallinnuksen tehtävänmäärittelylomakkeen (liite 2) avulla.

Tutkimustulosten mukaan laserkeilaus on kustannustehokas tapa lähtötietojen saavuttamiseksi suuremmissa, korkeissa ja monimuotoisissa korjausrakentamisen kohteissa. Laserkeilaus soveltuu kohteisiin, joissa ei ole ajantasaisia piirustuksia, joissa on monimuotoinen geometria ja paljon tekniikkaa sekä rakenteita. Laserkeilauksen etu verrattuna muihin mittamenetelmiin on tarkka, kattava ja luotettava mitta-aineisto. Monimuotoisissakin kohteissa keilaus pystytään suorittamaan nopeasti sekä tehokkaasti.

Kyselytulosten mukaan laserkeilausta on käytetty vanhojen koulurakennusten peruskorjauksessa, teollisuuskiinteistön käyttötarkoituksen muutoksissa asunnoiksi ja liiketiloiksi, LVIS-peruskorjauksen (linjasaneeraus) hanke- ja toteutus-

suunnittelussa, toimistosaneerauksessa, kirkon peruskorjauksessa, toimitilarakennuksen peruskorjauksessa sekä puurakennuksia ja historiallisia rakennuksia saneerattaessa. Laserkeilausta käytettiin lähtötietoaineiston kokoamiseen hankkeessa. Laserkeilaus mahdollisti tarkan ja ajantasaisen mittatiedon sekä mittatarkan lähtötietomallin. Keilauksien laajuuksia ovat olleet koko rakennus, pelkät julkisivut tai sisätilat. Kohteet keilataan yleensä kattavasti, eli jokainen huone/tila, piha-alue, julkisivut ja vesikatot.

Tutkimustulosten mukaan laserkeilauksesta saatavaa pistepilveä voidaan käyttää suunnittelun apuna. Pistepilvi mahdollistaa kohteen 3-ulotteisen tarkastelun sekä sitä voidaan käyttää 2D- ja 3D-mallintamisen pohjana. Pistepilveä voidaan hyödyntää suunnitelmien laadun ja osapuolien välisen tiedonsiirron parantamisessa, suunnitteluvirheiden vähentämisessä sekä suunnitteluprosessin tehostamisessa ja tavoitteen mukaisen lopputuloksen varmistamisessa. Pistepilvi on mittatarkkaa ja se löytyy suunnitelmien tehdessä tietokoneelta, joten lisäkäyntejä kohteessa ei tarvita, jos pistepilvi on tehty tarpeeksi kattavasti hankesuunnittelu- ja purkuvaiheessa.

Työssä nousi esille, että laserkeilausmittauksen pohjalta tehdyn mittatarkan lähtötietomallin avulla olemassa olevan rakennuksen ominaisuuksia ja mahdollisuuksia pystytään arvioimaan paremmin. Kun lähtötiedot ovat luotettavat eivätkä muutu hankkeen aikana, vältytään uudelleen suunnittelulta. Rakentamisen aikana lisä- ja muutostyöt vähenevät, koska suunnitelmat ovat virheettömämmät ja paremmin yhteen sovitettuja. Tietomallien kolmiulotteisuus havainnollistaa haastavatkin ongelmakohdat projektiryhmän eri jäsenille sekä tilaajapuolen edustajille.

Asiantuntijoille tehdyn kyselyn mukaan laserkeilauksella tehty lähtötietomalli vähensi kohdekäyntejä ja paransi mallin tarkkuutta sekä vähensi mallinnuksen kestoa ajallisesti. Laserkeilauksella tehty lähtötietomalli on kalliimpi toteuttaa mittausvaiheessa, mutta mitta-aineistosta saatava hyöty näkyy muissa hankkeen vaiheissa positiivisesti. Lähtötilanteen mallintamisen aika, sujuvuus ja hinta kysymyksissä näkyi myös, että asiasta ei ollut tarpeeksi tietoa, lähtötietomallia ei oltu tehty itse, vaan se oli tilattu erillisenä toimeksiantona tai jos aikaa oli säästetty, se oli näkynyt epätarkkuutena.

Selvityksen mukaan tietomallinnuksella pystyttäisiin tukemaan suunnittelua ja rakentamisen laatua, tehokkuutta, turvallisuutta ja kestävän kehityksen mukaista hanke- ja elinkaariprosessia. Tietomallinnus mahdollistaa samanaikaisesti ratkaisujen toimivuuden, laajuuden ja kustannuksien vertailun investointipäätöksien tueksi. Tietomallintaminen mahdollistaa myös energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit sekä suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden analysoimisen. Rakennushankkeen vertailu, suunnittelu ja ylläpidon tavoiteseuranta varmistaa laadun, parantaa tiedonsiirtoa ja tehostaa suunnitteluprosessia. Tietomallin parhain hyöty saadaan, kun sitä hyödynnetään suunnittelun alusta rakennuksen ylläpitoon asti.

Tutkimustulosten mukaan sunnittelu kannattaa toteuttaa tietomallinnuksella saneerauskohteissa, kun tehdään rakenteellisia muutoksia tai uusitaan talotekniikkaa merkittävästi. Tietomallin kolmiulotteisuus mahdollistaa törmäystarkastelun ja havainnollisemman visuaalisen tarkastelun. Hankkeelle saadaan hyvät ja toimivat suunnitelmat, jos tietomallinnus tehdään mittatarkaksi. Mittatarkka tietomalli toimii myös luotettavana lähtötietona kohteen tulevissa korjaushankkeissa.

Vastaajat kokivat, että mittatarkalla tietomallilla tehty suunnittelu paransi hankkeen havainnollistamista ja suunnitteluratkaisujen valintaa sekä vähensi kohdekäyntejä sekä suunnitteluun menevää aikaa. Mittatarkalla tietomallilla tehty suunnittelu paransi myös tarkkuutta, viestintää ja sujuvuutta, mutta vastauksista ilmeni myös erimielisyyksiä, koska asiasta ei ollut tarpeeksi tietoa tai tietomalli ei ollut mittatarkka.

Selvityksen mukaan urakoisijat käyttävät tietomallia järjestääkseen tuotannon sisältöjä. Tietomallien kolmiulotteinen havaintoesitys on helppo hyödyntää erilaisissa käyttötilanteissa. Tietomallia käytetään perehdyttäessä kohteeseen ja rakenteisiin sekä työjärjestysten suunnittelun ja töiden yhteensovittamiseen. Mittatarkalla tietomallilla tehty toteutus paransi havainnollistamista ja laatua sekä vähensi kohdekäyntejä, virheitä ja muutostöitä.

Kaiken kaikkiaan voitiin todeta, että tietomallinnuksella saadaan hyöty ja kustannussäästö, kun rakennushankkeen mallit voidaan siirtää ajantasaisina ja tietosisällöltään riittävinä ylläpidon tarpeisiin. Tietomallinuksella voidaan varmistaa,

että rakentamisen aikana tehdyt muutokset päivitetään malliin. Kohteista ei ole tehty käytön ja ylläpidon tarpeisiin toteutuksen tietomallia. Vastauksista kuitenkin tuli esille, että sitä on mietitty tehtäväksi.

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten kehittynyt mittamenetelmä tehostaisi talonrakennuksen korjaushankkeen läpivientiä. Lisäksi tutkittiin, voitaisiinko laserkeilauksella tehostaa lähtötietojen keräysprosessia ja miten mittatarkalla lähtötietomallilla voitaisiin tehostaa suunnittelua, toteutusta ja ylläpidoa.

Työn avulla muodostui selkeä kuva laserkeilauksen hyödyntämisestä ja siitä, miten tietomallintamisella voitaisiin parantaa suunnittelua, toteutusta ja ylläpitoa. Tietomallia voitaisiin jo suunnittelun lähtövaiheessa näyttää urakoitsijalle sekä tilaajalle viestinnän ja päätöksenteon helpottamiseksi. Mittatarkkaa tietomallia suunnittelijat voisivat hyödyntää suunnittelussa, urakoitsijat toteutusvaiheessa ja tilaaja rakennuksen ylläpidossa.

Talonrakennuksen korjausrakentamisessa olisi hyvä päästä siihen tilanteeseen, että tietomallia hyödynnetään suunnittelusta ylläpitoon asti. Talonrakennuksen korjausrakentamisessa laserkeilaus ja tietomallintaminen on hyvä menetelmä. Parhaiten se erottuu edukseen suurissa ja monimuotoisissa kohteissa. Pienissä kohteissa voisi jokin muu menetelmä olla edullisempi, mutta jos ottaa huomioon mittauksen jatkokäyttömahdollisuudet tulevissa korjauksissa tai ylläpidossa, on se hyvä menetelmä.

Laserkeilaus on hinnaltaan kallis vaihtoehto lähtötietojen selvityksessä, mutta kun ottaa huomioon siitä saatavan hyödyn monella osa-alueella hankkeen aikana, se on vanhaan menetelmään verrattuna tehokkaampi vaihtoehto. Tietomallin tekeminen kokonaan laserkeilauksesta saatavasta mittatiedosta voi olla työlästä pienemmissä korjauskohteissa. Pienemmissä kohteissa tietomalli voitaisiin toteuttaa hybridimallina. Hybridimallissa on osa pistepilvimuodossa ja tietomallina korjattava alue.

Opinnäytetyön tehdyistä tutkimuksista tilaajayritys saa tietoa siitä, kannattaako laserkeilausta ja tietomallintamista käyttää tulevissa talonrakennuksen korjaushankkeissa. Laserkeilauksen ja tietomallintamisen avulla yritys voisi kehittää toimintaa. Uusimmalla teknologialla voitaisiin kasvattaa yrityksen imagoa edelläkävijänä korjaushankkeiden läpiviennissä. Laserkeilauksen ja tietomallintamisessa

käytöstä haasteena voi näkyä henkilöstön kouluttaminen käyttämään menetelmää mahdollisimman tehokkaasti. Haasteena voi näkyä myös, jos tarjoukseen lisätään ylimääräisiä tehtäviä ilman hyviä perusteita.

Laserkeilaus ja tietomallintaminen toisi suunnitteluun uusia toimintatapoja ja saattaisi alussa jopa lisätä työmäärää, mutta hankkeen aikana hyöty tulisi esille. Laserkeilauksella toteutettua mittatarkkaa tietomallia voisivat hyödyntää kaikki eri alojen suunnittelijat ja näin ollen suunnitelmien sovittaminen yhteen olemassa olevaan rakennukseen helpottuisi.

LÄHTEET

1. Korjausrakentaminen. 2018. Rakennusteollisuus. Saatavissa: https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Korjausrakentaminen1/. Hakupäivä 20.11.2018.

2. RT 10-11066. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 1. Yleinen osuus. Rakennustieto Oy. Saatavissa: https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/tuotteet/108093.html.stx. (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 10.10.2018.

3. Rajala, Marko. Laserkeilauksen ja rakennuksen inventointimalli. Rakennustieto. Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090701.pdf. Hakupäivä 20.11.2018.

4. RT 10-11067. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 2. Lähtötilanteen mallinnus. Rakennustieto Oy. Saatavissa: https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/tuotteet/108094.html.stx. (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 10.10.2018.

5. Productivity With Digitalisation, Open data and Usability. ProDigiOUs -hanke. Saatavissa: http://prodigious.tamk.fi. Hakupäivä 20.11.2018.

6. Outila, Ulrika. Laserkeilauksen hyödyt ja haasteet korjausrakentamishankkeissa. ProDigiOUs- hanke. Saatavissa: http://prodigious.tamk.fi/files/2018/02/Laserkeilauksen-hyödyt-ja-haasteet.pdf. Hakupäivä 20.11.2018.

7. Tammi, Kalle – Tasanen, Ilkka 2017. Pistepilvessä on pointtia. RIA-lehti 2017 nro 4. S. 47–50. Saatavissa: http://www.ria.fi/jasenyys/jasenedut/ria-lehti. Hakupäivä 20.11.2018.

8. Mitä on BIM. Tekla. Saatavissa: https://www.tekla.com/fi/tietoa-meistä/mitä-bim. Hakupäivä 10.10.2018.

9. RT 10-11076. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 11. Tietomallipohjainen projektin johtaminen. Rakennustieto Oy. Saatavissa: https://www-

rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/tuotteet/108093.html.stx. (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 10.10.2018.

10. RT 10-11078. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. Rakennustieto Oy. Saatavissa: https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/tuotteet/108093.html.stx. (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 10.10.2018.

11. RT 10-11077. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana. Rakennustieto Oy. Saatavissa: https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/tuotteet/108093.html.stx. (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 10.10.2018.

12. Halmetoja, Esa 2017. Mutkia matkalla. Talotekniikka. Saatavissa: https://talotekniikka-lehti.fi/blogit/tietomallit-rakentamisesta-yllapitoon/. Hakupäivä 20.11.2018.

KYSELY KEHITTYNEEN MITTAMENETELMÄN JA TIETOMALLINTAMISEN HYÖDYNTÄMISESTÄ TALONRAKENNUS KORJAUSHANKKEISSA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehostaa mittamenetelmällä ja tietomallintamisella talonrakennus korjaushankkeen suunnittelun, toteutuksen ja ylläpidon toimivuutta. Työssä perehdytään tietomallintamista tukevaan laserkeilaukseen. Tämän jälkeen selvitetään, kuinka tarkkaa mittatietoa voitaisiin hyödyntää korjauskohteen tietomallintamisessa, suunnittelussa ja toteutuksessa ja ylläpidossa.

LISÄTIEDOT
Sitowise Oy:stä työtä tekee AMK insinööriopiskelija Siiri Mattlar ja työtä ohjaa Juha-Pekka Kumpulainen ja Riku Ansamaa.
Kiitän jo etukäteen vastauksistanne ja vaivannäöstänne!

Parhain terveisin
Siiri Mattlar
siiri.mattlar@sitowise.com
puh. 050 408 2409

1. **Email address** *

Laserkeilaus

2. **Millaisissa talonrakennus korjaushankkeissa olet käyttänyt laserkeilausta ja miksi? Missä laajuudessa kohde keilattiin ja kuinka kauan keilaus kesti?**

Lähtötilanne

3. **Mitä mittamenetelmiä olette käyttänyt korjauskohteen lähtötietojen selvittämisessä?**

Lähtötilanne

4. **Oliko pistepilvestä sujuvampi tehdä lähtötietomalli aiempaan menetelmään verrattuna?**
   Check all that apply.
   - [ ] Kyllä
   - [ ] Ei
   - [ ] Other: _____

Lähtötilanne

5. **Tehostiko laserkeilauksesta saatava pistepilvi ajallisesti lähtötietomallintamista aiempaan menetelmään verrattuna?**
   Check all that apply.
   - [ ] Kyllä
   - [ ] Ei
   - [ ] Other: _____

Lähtötilanne

6. **Oliko Laserkeilauksella tehtävä lähtötietomalli kalliimpi toteuttaa kuin aiempi menetelmä?**
   Check all that apply.
   - [ ] Kyllä
   - [ ] Ei
   - [ ] Other: _____

Lähtötilanne

7. **Saatiinko laserkeilauksella tehdyksi tarkempi lähtötietomalli verrattuna aiempaan menetelmään?**
   Check all that apply.
   - [ ] Kyllä
   - [ ] Ei
   - [ ] Other: _____

Lähtötilanne

8. **Vähensikö laserkeilauksesta saatava pistepilvi kohdekäyntejä lähtötietomallivaiheessa?**
   Check all that apply.
   - [ ] Kyllä
   - [ ] Ei
   - [ ] Other: _____

Suunnittelu

9. **Tehostiko mittatarkka tietomalli suunnittelua ajallisesti?**
   Check all that apply.
   - [ ] Kyllä
   - [ ] Ei
   - [ ] Other: _____

Suunnittelu

10. **Oliko suunnittelu sujuvaa mittatarkasta lähtötietomallista ?**
    Check all that apply.
    - [ ] Kyllä
    - [ ] Ei
    - [ ] Other: _____

Suunnittelu

11. **Vähensikö mittatarkka lähtötietomalli kohdekäyntejä suunnittelun aikana?**
    Check all that apply.
    - [ ] Kyllä
    - [ ] Ei
    - [ ] Other: _____

Suunnittelu

12. **Helpottiko mittatarkka tietomalli suunnitteluratkaisujen valintaa?**
Check all that apply.

- [ ] Kyllä
- [ ] Ei
- [ ] Other: _____

Suunnittelu

13. **Helpottiko mittatarkka tietomalli suunnitelmien havainnollistamista?**
Check all that apply.

- [ ] Kyllä
- [ ] Ei
- [ ] Other: _____

Suunnittelu

14. **Paransiko mittatarkka tietomalli suunnitteluvaiheen viestintää?**
Check all that apply.

- [ ] Kyllä
- [ ] Ei
- [ ] Other: _____

Suunnittelu

15. **Saatiinko mittatarkalla tietomallilla tehtyä tarkemmat suunnitelmat?**
Check all that apply.

- [ ] Kyllä
- [ ] Ei
- [ ] Other: _____

Toteutus

16. **Tehostiko mittatarkka tietomalli toteutusta ajallisesti?**
Check all that apply.

- [ ] Kyllä
- [ ] Ei
- [ ] Other: _____

Toteutus

17. **Paransiko mittatarkka tietomalli kohteen toteutuksen laatua?**
Check all that apply.

- [ ] Kyllä
- [ ] Ei
- [ ] Other: _____

Toteutus

18. **Paransiko mittatarkka tietomalli toteutukseen turvallisuutta?**
Check all that apply.

- [ ] Kyllä
- [ ] Ei
- [ ] Other: _____

Toteutus

19. **Oliko materiaalimenekin määrittely tarkempaa mittatarkasta tietomallista?**
Check all that apply.

- [ ] Kyllä
- [ ] Ei
- [ ] Other: _____

Toteutus

20. **Vähensikö mittatarkka tietomalli toteutuksen virheitä?**
Check all that apply.

- [ ] Kyllä
- [ ] Ei
- [ ] Other: _____

Toteutus

21. **Vähensikö mittatarkka tietomalli toteutuksen muutostöitä?**
Check all that apply.

- [ ] Kyllä
- [ ] Ei
- [ ] Other: _____

Toteutus

22. **Valmistuiko mittatarkalla tietomallilla tehty hanke aikataulussa?**
Check all that apply.

- [ ] Kyllä
- [ ] Ei
- [ ] Other: _____

Toteutus

23. **Vähensikö mittatarkka tietomalli kohdekäyntejä toteutusvaiheessa?**
Check all that apply.

- [ ] Kyllä
- [ ] Ei
- [ ] Other: _____

Toteutus

24. **Helpottiko mittatarkka tietomalli suunnitteluratkaisujen havainnollistamista toteutuksessa?**
Check all that apply.

- [ ] Kyllä
- [ ] Ei
- [ ] Other: _____

Käyttö ja ylläpito

25. **Tehtiinkö hankkeista toteutusmalli palvelemaan kiinteistön käytön ja ylläpidon tarpeita?**

_____

Huomiot

26. **Muita huomioita asiaan liittyen?**

_____
_____
_____
_____
_____

INV

Liite1: Mittauksen ja inventointimallinnuksen tehtävänmäärittelylomake

Esimerkkikuvaus tietosisällöstä

Projektitiedot		**Kohde**		mitataan
Päiväys	pp.kk.vvv	Ryömintätila	on	x
Projekti:	Projektin nimi	kerroksia	4	x
Projektipäällikkö	Etunimi Sukunimi	Ullakko	on	x
		Laajuus:		brm2, sisältää kellarin, ryömintätilan ja ullakon

Lähtötiedot tilaajalta		tiedostomuoto
Olemassa olevat arkkitehtisuunnitelmat kuvatiedostoina	x	esim. plt, tif, jpg tai pdf
Olemassa olevat arkkitehtisuunnitelmat CAD-tiedostoina	x	esim. dwg, Archicad tai Revit
Olemassa olevat rakennesuunnitelmat kuvatiedostoina	x	esim. plt, tif, jpg tai pdf
Olemassa olevat rakennesuunnitelmat CAD-tiedostoina	x	esim. dwg
Tilojen numerointi ja nimeämisohjeet	x	
Muut		

Käytettävä mittausmenetelmä		mittaustarkkuus
Taso1 - Laserkeilausmittaus	x	kohina max ±10mm, mittapisteet alle 5mm välein
Piha-alueiden kartoitus	x	
Muu paikalla tehtävä mittaus	x	Lattiakaivojen kartoitus
Mallin täydennys vanhojen suunnitelmien pohjalta		

Mittauksen lopputuote		tiedostomuoto
Laserkeilausmittauksen pyörähdyskuvat ja pyörähdyskuvaindeksi	x	jpg
Laserkeilauksen pistepilvimalli	x	esim. imp tai pts
Mitattavat pyörähdyskuvat	x	esim. LFM Netview tai Leica True View

Lopputuotteet hankesuunnitteluvaiheessa			tiedostomuoto / huomautus
Tontin malli		x	esim. IFC 2x3 ja Autocad Architecture 2012
Inventointimalli	**Taso1 - Tilamalli**	x	esim. IFC 2x3 ja Autocad Architecture 2012
Mittauspiirustukset		x	pdf (ja tarvittaessa CAD tiedostoina esim. dwg)
	Tontin kartoituspiirustus	x	pdf ja dwg
	Pohjapiirustukset	6kpl	Kerrostasojen korkomerkinnät, tilalitterat
	Leikkauspiirustukset	2kpl	Kerrostasojen korkomerkinnät
	Julkisivupiirustukset	4kpl	Maanpinnan, räystäiden, ja harjan korkeudet
	Vesikattopiirustus	1kpl	Räystäiden, ja harjan korkeudet
Muut			

Lopputuotteet Ehdotussuunnitteluvaiheessa			tiedostomuoto / huomautus
Tontin malli		x	esim. IFC 2x3 ja Archicad 14
Inventointimalli	**Taso2 - Rakennusosamalli**	x	esim. IFC 2x3 ja Archicad 14
Mittauspiirustukset		x	pdf ja dwg
	Tontin kartoituspiirustus	x	esim. Archicad
	Pohjapiirustukset	6kpl	Laattojen ala- ja yläpinntojen ja alakattojen korkomerkinnät, tilalitterat
	Leikkauspiirustukset	2kpl	Laattojen ala- ja yläpinntojen ja alakattojen korkomerkinnät
	Julkisivupiirustukset	4kpl	Maanpinnan, räystäiden, ja harjan korkeudet
	Vesikattopiirustus	1kpl	Räystäiden, ja harjan korkeudet
Muut			

Optiot	**Ha**	**Eh**	**To**	**Rav**	**Rak**	**Kä**		
Osallistuminen inventointimallinnuksen määrittelyyn	(x)	(x)						
Panoraamavalokuvat	(x)	(x)						jpg
Inventointimallin konvertointi arkkitehdin ohjelmistomuotoon	(x)	(x)						
Huonetilainventointi	(x)							
Rakennushistoriaselvitys	(x)							
Haitta-ainekartoitus	(x)							
Raportit	(x)							esim. Tilaluettelo inventointimallista
Muu								

Havainnollistamistehtävät	**Ha**	**Eh**	**To**	**Rav**	**Rak**	**Kä**		
Visualisoinnit								
Ilmakuvat	(x)	(x)						
Ulkokuvat	(x)	(x)						
Sisäkuvat	(x)	(x)						
3D animaatiot	(x)	(x)						
Muu havainnollistaminen								esim. tilakaaviot

Koordinaatisto	**Ha**	**Eh**	**To**	**Rav**	**Rak**	**Kä**		
Maantieteellinen koordinaatisto	*	*						* Siirtokoordinaatit kunnan koordinaatistoon
Suunnittelun koordinaatisto	x	x	x	x	x	x		Korkeusasema kunnan korkeusjärjestelmässä

INV Liite1: Mittauksen ja inventointimallinnuksen tehtävänmäärittelylomake

Esimerkkikuvaus tietosisällöstä

Projektitiedot		**Kohde**	mitataan	
Päiväys	pp.kk.vvv	Ryömintätila	on	x
Projekti:	Projektin nimi	kerroksia	4	x
Projektipäällikkö	Etunimi Sukunimi	Ullakko	on	x

Lähtötilanteen mallinnustehtävät vaiheittain		Taso 1 - Tilamalli	Taso2 - rakennusosamalli	Taso3 - rakennusosamalli				Mallinnetaan x=kyllä (x)= määritellään hankekohtaisesti
Tilat ja sijainnit								**huomautus**
Laajuustiedot								
Pinta-alat (tilaobjekteissa)								
Kerrosala [kem2]								
Bruttoala [brm2]								
Huoneistoala [htm2]								
Huoneala [hum2]		x	x	x				
Hyötyala [hym2]								
Asuntoala [asm2]								
Tilavuudet (tilaobjekteissa)								
Rakennuksen tilavuus								
Huoneen tilavuus		x	x	x				
Huonetilat (tilaobjekteissa)								
Tilaohjelmaan kuuluvat tilat		x	x	x				
Tilaohjelmaan kuulumattomat tilat		x	x	x				
Sijainnit								
Rakennuksen sijainnit								
Rakennuksen kerrokset		x	x	x				
Huoneistot ja osastot								
Lohkot								
Termiset vyöhykkeet								
Paloalueet								

Lähtötilanteen mallinnustehtävät vaiheittain		Taso 1 - Tilamalli	Taso2 - rakennusosamalli	Taso3 - rakennusosamalli			Tontin kartoitus	Mallinnetaan x=kyllä (x)= määritellään hankekohtaisesti
Talo 2000	**kohde**							**huomautus**
11 Alueosat								
3D pintamalli		x	x	x				
113 Päällysteet								
Liikennealueet				x			x	
Paikoitusalueet				x			x	
Oleskelualueet				x			x	
Leikkialueet				x			x	
Pintavesien poistojärjestelmä								
Säilytettävä kasvillisuus		x	x	x			x	Mallinnetaan sijainnin kuvaavana symbolina
114 Aluevarusteet								Sijainti, tyyppi ja geometria
Talovarusteet				x			(x)	
Oleskeluvarusteet				x			(x)	
Leikkivarusteet				x			(x)	
115 Aluerakenteet								sijainti, tyyppi ja geometria
Pihavarastot			x	x			x	
Katokset			x	x			x	
Terassit			x	x			x	
Tukimuurit			x	x			x	
Aidat ja muurit			x	x			x	
Altaat			x	x			x	
Ajoluiskat			x	x			x	
Portaat			x	x			x	
Muut tontin malliin vaadittavat tiedot								

INV Liite1: Mittauksen ja inventointimallinnuksen tehtävänmäärittelylomake

Esimerkkikuvaus tietosisällöstä

Projektitiedot		**Kohde**		mitataan
Päiväys	pp.kk.vvv	Ryömintätila	on	x
Projekti:	Projektin nimi	kerroksia	4	x
Projektipäällikkö	Etunimi Sukunimi	Ullakko	on	x

Lähtötilanteen mallinnustehtävät vaiheittain		Taso 1 - Tilamalli	Taso2 - rakennusosamalli	Taso3 - rakennusosamalli				Mallinnetaan x=kyllä (x)= määritellään hankekohtaisesti
Talo 2000	**kohde**							**huomautus**
12 Talo-osat								
121 Perustukset								
121	Perustukset							olemassa olevien perustuksien mallintaminen tarvittaessa rakennesuunnittelijan tehtävä
122 Alapohjat								
1221	Alapohjalaatat	(x)	x	x				näkyviltä osin
1222	Alapohjakanaalit	(x)	(x)	(x)				
123 Runko								Mallinnetaan näkyviltä osin
1231	Väestönsuojat	(x)	x	x				
1232	Kantavat seinät	(x)	x	x				
1233	Pilarit	(x)	x	x				
1234	Palkit	(x)	x	x				
1235	Välipohjat	(x)	x	x				
1236	Yläpohjat	(x)	x	x				
1237	Runkoportaat	(x)	x	x				
124 Julkisivut								
1241	Ulkoseinät	x	x	x				
1241	Reliefit ja koristeaiheet			x				
1242	Ikkunat, asennusaukko	(x)						
1242	Ikkunat, karmeineen ja puitteineen		x	x				
1243	Ulko-ovet, asennusaukko	(x)						
1243	Ulko-ovet, karmeineen		x	x				
1244	Julkisivuvarusteet			x				
125 Ulkotasot								
1251	Parvekkeet	(x)	x	x				
1252	Katokset	(x)	x	x				
1253	Erityiset ulkotasot	(x)	x	x				
126 Vesikatot								
1261	Vesikattorakenteet		x	x				
1262	Räystäsrakenteet			x				
1263	Vesikatteet	x	x	x				
1264	Vesikattovarusteet			x				
1265	Lasikattorakenteet		x	x				
1266	Kattoikkunat ja -luukut		x	x				
13 Tilaosat								
131 Tilan jako-osat								
1311	Väliseinät		x	x				
1312	Lasiväliseinät		x	x				
1313	Erityisväliseinät		x	x				
1314	Kaiteet		x	x				
1315	Väliovet		x	x				
1316	Erityisovet		x	x				
1317	Tilaportaat		x	x				
132 Tilapinnat								
1321	Lattioiden pintarakenteet			x				
1323	Sisäkattorakenteet		x	x				
1325	Seinien pintarakenteet			x				
133 Tilavarusteet								
1331	Vakiokiintokalusteet		x	x				
1332	Erityiskiintokalusteet		(x)	x				
1333	Varusteet			x				
1334	Vakiolaitteet			x				
1336	Saniteettikalusteet	(x)	x	x				
1337	Saniteettivarusteet			x				
134 Muut tilaosat								
1341	Hoitotasot ja kulkurakenteet			x				
1342	Tulisijat ja savuhormit		x	x				Näkyviltä osin ulkopuolelta

INV Liite1: Mittauksen ja inventointimallinnuksen tehtävänmäärittelylomake

Esimerkkikuvaus tietosisällöstä

Projektitiedot		**Kohde**		mitataan
Päiväys	pp.kk.vvv	Ryömintätila	on	x
Projekti:	Projektin nimi	kerroksia	4	x
Projektipäällikkö	Etunimi Sukunimi	Ullakko	on	x

Lähtötilanteen mallinnustehtävät vaiheittain		Taso 1 - Tilamalli	Taso2 - rakennusosamalli	Taso3 - rakennusosamalli				Mallinnetaan x=kyllä (x)= määritellään hankekohtaisesti
2 Tekniikkaosat								Tekniikkaosien mallinnus vaaditaan vain erikoistapauksissa
21 Putkiosat								
Putkiosat tilavarauksena				(x)				
Putkiosat				(x)				
22 Ilmanvaihto-osat								
Ilmanvaihto-osat tilavarauksena				(x)				
Ilmanvaihto-osat				(x)				
23 Sähköosat								
Valaisimet				(x)				
Sähköhyllyt				(x)				
25 Laiteosat								
251 Siirtolaitteet								
2511 Hissit				x				Hissikuilujen mittaus ja mallinnus
2512 Kuljettimet				(x)				
252 Tilalaitteet								
2521 Keittiölaitteet				(x)				
2522 Pesulalaitteet				(x)				
2523 Väestönsuojalaitteet				(x)				
2522 Pesulalaitteet				(x)				

Tietomalliselostus

Havainnollistuskuva kohteesta	
Suunnittelukohde	
Suunnitteluvaihe	
Tietomalliselostuksen päiväys	
Muutospäiväys	
Yritys	
Tietomalliyhteyshenkilö	
Yhteyshenkilön sähköpostiosoite	
Yhteyshenkilön puhelinnumero	
Kohteen vastuuhenkilö	
Kohteen projektipäällikkö	
Käytettävät ohjelmistot	
Lisätietoja, huomioita yms.	

Mittauksen kuvaus

Mittausmenetelmä	
Mittaustarkkuus	
Mittausajankohta	xx.xx.2012
Poikkeamat mittausmäärittelystä	1. 2.
Mitta-aineiston toimitusmuoto	• •
Muuta huomioitavaa	

Mallinnuksen kuvaus

Mallinnuksen mittayksikkö	mm	
Koordinaatisto	Inventointimalli on mallinnettu projektikoordinaatistoon. Projektikoordinaatiston kuvaus.	
Korkeusjärjestelmä	Inventointimalli on xx korkeusjärjestelmän mukaisessa todellisessa korkeusasemassa	
Origo	Kuvaus origon sijainnista	
Siirtokoordinaatit	Vastinpisteet projektikoordinaatiston muunnosta varten	
Kerrosten korkeusasemat	1. kerros 2. kerros	+ 10.00 +14.00
Lähtötietojen alkuperä	Lähtötietojen alkuperän kuvaus	
Mallin tarkkuus	Yleisten Tietomallivaatimuksien, Osan 2, Liitteen 1 mukainen	
Poikkeukset tarkkuustasosta:	1. ...	
Tiedostojen nimeämisperiaatteet		
Rakennusosien nimeämisperiaatteet		
Käytetty tasojärjestelmä		
Mallin tietosisältö	Yleisten Tietomallivaatimuksien Osan 2, Liitteen 1 mukainen	
Poikkeamat mallinnuskäytännöstä	1. ...	
Muuta huomioitavaa		

Paikka:	
Aika:	
Tarkastaja:	
Kohde:	
Versio:	
Version päiväys:	

Lähtötietomallin tarkastuslomake	Kunnossa	Puutteita	Ei relevantti	Kommentit
Tietomalliselostus				
Mallit sovittuina tiedostoformaatteina (IFC ja muut sovitut tiedostot)				
Mittaustulokset vastaavat mitattua rakennusta				
Malli vastaa mittausdokumentteja (pistokoe)				
Koordinaatisto on sovitun mukainen				
Sovittuja kuvatasoja on käytetty				
Kerrokset on määritetty				
Rakennusosat ja tilat on määritelty kerroksittain				
Sovitut/vaatimusten mukaiset tilat ja rakennusosat on mallinnettu (Osa 2, Liite X)				
Rakennusosat on mallinnettu oikeilla työkaluilla				
Sovittuja rakennusosatyyppejä on käytetty				
Mallissa ei ole ylimääräisiä rakennusosia				
Mallissa ei ole sisäkkäisiä tai tuplarakennusosia				
Mallissa ei ole merkittäviä komponenttien välisiä leikkauksia				
Tilojen korkeus on mallinnusvaatimusten mukainen				
Tilat kohtaavat ympäröivät seinät ja muut objektit				
Tiloja ei ole päällekkäin				
Sovitunmukaisia tilatunnisteita on käytetty				

Allekirjoitus: _____