



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# TIETOMALLIPOHJAINEN KOULURAKENNUKSEN HANKESUUNNITTELU

TEKIJÄ: Nelli Herranen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennusarkkitehtuurin koulutusohjelma			
Työn tekijä Nelli Herranen			
Työn nimi Tietomallipohjainen koulurakennuksen hankesuunnittelu			
Päiväys	9.12.2021	Sivumäärä/Liitteet	42/0
Ohjaaja Lehtori Viljo Kuusela			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Sitowise Oy / Siilinjärven kunta			
Tiivistelmä <p>Tietomallinnus korostuu nykyään entistä enemmän tärkeänä osana rakennussuunnitteluprosessia. Yhä useampi suunnitteluuala pystyy hyödyntämään tietomalleja ja sen edut on huomattu sekä suunnittelija-, että tilaajatahoilla. Tietomallinnus mielletään kuitenkin usein rakennussuunnitteluvaiheen työvälineeksi ja sen hyötyjä aikaisemmissa suunnitteluprosessin vaiheissa ei aina tunnisteta. Siitä syystä opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää hankesuunnitteluvaiheen tietomallinnusta ja kuinka sitä voidaan hyödyntää erityisesti koulukohteissa. Esimerkkikohteena toimi Siilinjärven kunnan Siilinlahden koulun hankesuunnitteluprojekti. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Sitowise Oy.</p> <p>Opinnäytetyössä tunnistettiin useita hankesuunnitteluprosessiin liittyviä käytötapauksia ja niihin liittyvää teoriaa analysoitiin tarkemmin erilaisten julkaisujen, kuten YTV:n avulla. Lisäksi opinnäytetyössä on käsitelty laserkeilausaineiston hyödyntämismahdollisuuksia erityisesti maastomallinnuksessa. Tähän liittyvä soveltamisohje on osa opinnäytetyötä.</p> <p>Opinnäytetyön keskeinen johtopäätös on, että tietomallinnus on toimiva työväline hankesuunnitteluvaiheessa ja se tuo yhteisen työkalun hankkeen osapuolten käyttöön ja tehostaa suunnitteluprosesseja. Riittävän tietotaidon myötä tietomallivälineistä suunnittelua voidaan hyödyntää rakennushankkeen jokaisessa vaiheessa aina tarveselvityksestä rakennuksen käyttöönottoon ja ylläpitoon.</p>			
Avainsanat Archicad, BIM, hankesuunnittelu, laserkeilaus, maastomalli, tietomallinnus			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Architecture			
Author Nelli Herranen			
Title of Thesis BIM-based Conception Design of a School Building			
Date	9 December 2021	Pages/Appendices	42/0
Supervisor Mr Ville Kuusela, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Sitowise Oy / Municipality of Siilinjärvi			
<p><b>Abstract</b></p> <p>Building Information Model (BIM) is currently getting a more vital part in a construction process. More design fields are utilizing BIM and its benefits have been realized both by the designers and the clients. However, BIM is often considered a tool for the actual construction design process and its benefits have not been recognized at the early stages of the design. Therefore, the objective of the thesis was to develop the knowledge BIM of the project design phase and how it can be utilized, especially in school buildings. The pilot case was the conception process of Siilinlahti school in the municipality of Siilinjärvi. The work was commissioned by Sitowise Oy.</p> <p>Several user cases of BIM in the conception phase were recognized in the thesis and related theories were analysed more closely. Also the utilization of laser scanning especially in terrain modelling was studied and work instructions are included in the thesis.</p> <p>The main conclusion of the thesis was that BIM can be well adopted in the conception process as a common tool for the different parties involved resulting in more effective desing processes. With relevant knowledge BIM aided design can be utilized in all different phases of the construction process from the conception design to the maintenance of the building.</p>			
<p><b>Keywords</b> Archicad, BIM, conception process, laser scanning, terrain modeling, building information model</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
1.1	Tausta ja tavoitteet.....	5
1.2	Tilaaaja.....	5
1.3	Siilinlahden koulu.....	5
1.4	Lyhenteet ja määritelmät.....	8
2	HANKESUUNNITTELUVAIHEEN TIETOMALLINNUKSEN KÄSITTEITÄ.....	9
2.1	Hankesuunnittelun lähtötiedot .....	10
2.2	Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo ARK18.....	10
2.3	Tietomallinusohe.....	11
2.4	Lähtötietomalli.....	12
2.5	IFC-malli hankesuunnittelun lähtötietona .....	13
2.6	Tietomallin vaiheistus ja jatkokäyttö.....	14
3	LASERKEILAUSSAINEISTO JA MAASTOMALLI .....	16
3.1	Laserkeilaussaineiston tarkkuus ja sen kerääminen.....	16
3.2	Laserkeilaussaineiston eri muodot .....	19
3.4	Pistepilviaineiston muokkaaminen .....	21
3.5	Pistepilviaineistosta maastomalliksi.....	22
4	TIETOMALLIPOHJAISEN SUUNNITTELUPROSESSIN TEHTÄVIÄ HANKESUUNNITTELUSSA.....	24
4.1	Rakennuksen tietomalli ja tilakaaviot.....	24
4.2	Tietomallista tuotetut energia- ja olosuhdeanalyysit .....	28
4.3	Havainnollistaminen .....	33
4.3.1	Hankesuunnitelman liitteenä käytettävät asiakirjat .....	33
4.3.2	Asemapiirroksen havainnollistaminen .....	33
4.3.3	Tilakaavioiden havainnollistaminen.....	35
4.3.4	Tekninen havainnollistaminen .....	36
4.3.5	Tilojen havainnollistaminen tietomallista .....	37
4.3.6	Havainnollistaminen – ketä varten sitä tehdään? .....	38
5	TULOKSET JA POHDINTA.....	40
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT: .....	42

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Tausta ja tavoitteet

Tietomallinnuksen yleistymisen näkyy entistä enemmän tilaajien vaatimuksissa, kun yhä useammalle projektille esitetään mallinnusvaatimuksia. On esitetty alustavia arvioita, että tietomalli saattaa lähivuosina olla pakollinen vaade myös rakennusluvan saamiseksi. Tietomallinnuksen edut suunnitelmien yhteensovituksessa, visualisoinnissa sekä suunnittelun tehostumisessa on laajalti huomattu rakennusalan konsulttitoimistoissa ja tilaajatahoilla.

Useimmiten tietomallipohjainen suunnittelu koskee rakennussuunnitteluvaihetta. Tietomallista tuotetaan asiakirjoja pääpiirustuksista ikkunakaavioihin ja sen avulla saadaan tuotettua mittatarkkaa tietoa. Tietomallinnus on kuitenkin toimiva, mutta vähemmän käytetty työkalu alustavassa suunnittelussa, kuten tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa. Pääpainona opinnäytetyössä on se, kuinka hankesuunnitteluvaiheessa tietomallia voidaan hyödyntää mahdollisimman kattavasti ja kuinka maaston laserkeilausaineistoa voidaan käyttää osana alustavaa suunnittelua.

### 1.2 Tilaaja

Opinnäytetyön tilaajana toimii työnantajani Sitowise Oy. Olen työskennellyt Sitowisen korjausrakentamisen yksikössä arkkitehtisuunnittelun parissa pian kolme vuotta, joten opinnäytetyön aiheen löytäminen omalta työpaikalta oli luontevaa.

Sitowise Oy syntyi vuonna 2018 yritysfuusion kautta, Sito Oy:n ja Wise Group Finland Oy:n yhdistyessä. Sito Oy tunnettiin infra- ja digipuolen vahvana osaajana, kun taas Wise Group Finland:in työkantha koostui talosuunnittelun projekteista. Keväällä 2021 Sitowise Oy listautui pörssiin ja työllisti listautumishetkellä yli 1900 eri alojen osaajaa.

Sitowisen organisaatorakenne koostuu kolmesta liiketoiminta-alueesta, joita ovat Talo, Infra ja Digitaaliset ratkaisut. Suomen lisäksi Sitowisellä on tytäryhtiöitä Ruotsissa, Norjassa, Virossa sekä Latviassa.

### 1.3 Siilinlahden koulu

Opinnäytetyön esimerkkitapauksena esitellään Siilinlahden hankesuunnittelua, joka toteutettiin tietomallipohjaisena suunnitteluna. Siilinlahden koulu on Siilinjärven suurin ala-aste ja alkuperäinen rakennus on vuodelta 1952. Kuusikerroksinen keltainen rakennus on ollut vuosikymmeniä alueen maamerkki ja sijoittuu kauniisti Siilinlahti-järven rantaan. Päärakennusta on laajennettu vuosina 1970 ja 1986. Peruskorjaus rakennukseen tehtiin 1997.

Siilinlahden koulun yhteydessä toimiva Salmin Sali on toiminut alueen kulttuuritapahtumien, kuten konserttien näyttämönä useita kymmeniä vuosia. Koulurakennuksella on pitkä historia ja se on monella tapaa tärkeä kohtaamispaikka paikallisille.

Siilinlahden koulun tontti on monimuotoinen ja sisältää paljon mahdollisuuksia välitunti- ja koululiikuntaan. Saharan kenttä päärakennuksen lähistöllä mahdollistaa talvella mm. matkaluistelun ja keuhalla esimerkiksi pesäpallon pelaamisen oppilaille. Lisäksi koulun tontilla on 2 hiekkakenttää, peiliareenoita ja lähistöllä myös jääkiekkokaukalo.

Siilinlahden koulun oppilasmäärä on 560 oppilasta (vuosi 2019) ja opetusta järjestetään 1.-6. luokka-asteille.

Siilinlahden koululla annetaan myös vammais- ja pienryhmäopetusta. Henkilökuntaa on yhteensä 70. 560 oppilasmäärään ja Siilinlahden koulun kokonaisuuteen sisällytetään aina myös erillisen Päivärinteen koulun oppilaat (90 oppilasta, 1.-2. luokat).

Sekä Siilinlahden koulun päärakennuksessa, että Päivärinteen koulun rakennuksessa opiskeleet opiskelijat siirrettiin porrastetusti väliaikaisiin tiloihin molempien koulujen sisäilmaongelmien takia. Nykyisin suurin osa opiskelijoista opiskelee Saharan koulussa, joka on väliaikainen vuokrakouluratkaisu lähellä Siilinlahden koulun päärakennuksen tonttia.



KUVA 1. Siilinlahden koulu 1950-luvulla (Rakennushistoriallinen selvitys, Arto Mattila Oy)



KUVA 2. Siilinlahden koulu 2010-luvulla (Rakennushistoriallinen selvitys, Arto Mattila Oy)



KUVA 3. Siilinlahden koulun tontti ilmasta kuvattuna laserkeilauksen yhteydessä (Tasamitta)

## 1.4 Lyhenteet ja määritelmät

ARK-18 tehtäväluettelo	Tehtäväluettelo sisältää tavanomaisessa rakennushankkeessa arkkitehtisuunnitteluun kuuluvat tehtävät ja tulosteet rakennushankkeen vaiheiden mukaisessa järjestyksessä
E-luku	E-luku ilmaisee rakennuksen laskennallisen ostoenergian kulutuksen neliometriä kohden vuodessa
IFC-malli	Industry Foundation Classes – standardi 3D-tiedon siirtoon tietokoneohjelmasta toiseen
Inventointimalli	Eri tietolähteistä saadut tai mitatut tuotteiden, toiminnan ja palveluiden suunnittelua varten hankitut lähtötiedot jäsenneiltyä digitaalisessa muodossa
Laserkeilaus	Laserkeilaus on mittaustapa, jolla kohteesta saadaan lasersäteiden avulla mittatarkkaa kolmiulotteista tietoa kohteeseen koskematta
Pistepilvi	Kolmiulotteinen tietokonemalli, joka syntyy laserkeilauksen tuloksena
YTV	Yleiset tietomallivaatimukset, mallinnusvaatimuksissa esitetään vähimmäisvaatimukset mallinnukselle ja mallien tietosisällölle



## 2 HANKESUUNNITTELUVAIHEEN TIETOMALLINNUKSEN KÄSITTEITÄ

Mallinnuksen onnistumiseksi on malleille ja mallien hyödyntämiselle asetettava hankekohtaiset painopistealueet ja tavoitteet. Tavoitteiden ja tämän julkaisusarjan yleisvaatimusten pohjalta määritetään ja dokumentoidaan projektikohtaiset vaatimukset. (YTV2012, osa 2, 1). Hankesuunnitteluvaiheessa tietomallinnuksen tavoitteet poikkeavat paljolti rakennussuunnitteluvaiheen tavoitteista. YTV:n mukaan mallinnuksen tavoitteena on (YTV, osa 2, 1):

- tukea hankkeen päätöksentekoprosesseja
- sitouttaa osapuolet hankkeen tavoitteisiin mallin avulla
- havainnollistaa suunnitteluratkaisuja
- auttaa suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovittamista
- nostaa ja varmistaa rakennusprosessin ja lopputuotteen laatua
- tehostaa rakentamisaikaisia prosesseja
- parantaa turvallisuutta rakentamisen aikana ja elinkaarella
- tukea hankkeen kustannus ja elinkaarianalyysyjä
- tukea hankkeen tietojen siirtämistä käytönaikaiseen tiedonhallintaan.

Hankesuunnitteluvaiheessa tuotettu tietomalli tukee hankkeen päätöksentekoprosesseja ja havainnollistaa suunnitteluratkaisuja. Tässä vaiheessa tietomalli on vasta alustava esitys rakennuksen muodosta ja toiminnasta. Voi olla, että rakennussuunnitteluvaiheen mallinnus aloitetaan alusta, hyödyntämättä hankesuunnitelman tietomallia. Sen takia ei ole tarkoituksenmukaista asettaa liian laajoja tavoitteita hankesuunnitteluvaiheen tietomallinnukselle.

Hankesuunnitteluvaiheen tietomallia ei hankesuunnittelun aikana käytetä suunnitelmien yhteensovittukseen, eikä sitä sellaisenaan voida käyttää rakentamisaikasten prosessien tehostamiseen. Vaikka tietomalli ei täytä kaikkia YTV:n yleisiä mallinnukselle asetettuja tavoitteita, se ei tarkoita, että tietomallinnus olisi huono vaihtoehto hankesuunnitteluvaiheessa.

ARK18-tehtäväluettelon mukaan hankesuunnittelun valmistelussa sovitaan tietomallipohjaisen suunnittelun hyödyntäminen ja laajuus, jonka tuloksena syntyy projektikohtainen tietomallinnohje (Arkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo ARK18, B2). Tietomallinnohjeen laatimiseen on usein yrityskohdaisia käytäntöjä, mutta ohjeen tulisi määritellä tietomallinnuksen tavoitteet, käytännöt ja laajuus projektikohtaisesti. Seuraavissa luvuissa pureudutaan tarkemmin siihen, millaisia tavoitteita tietomallille on hyvä määrittää hankesuunnitteluvaiheessa ja millainen oli Siilinlahden koulun hankesuunnitteluvaiheen tietomallinnohje.

## 2.1 Hankesuunnittelun lähtötiedot

Hankesuunnitelman lähtötietojen laajuus on hyvä ottaa huomioon, kun määritellään tietomallinnuksen tavoitteita. ARK18-tehtäväluettelon mukaan hankesuunnittelun aloitukseen kuuluu seuraava projektin lähtötietoja koskevat tehtävät (Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo ARK18, B3):

- Hankitaan tilaajalta tarveselvitysvaiheessa tuotetut lähtötietoasiakirjat (suunnitelma- ja ylläpitotiedot, arkistomateriaali, kuntoarvioiden tulokset ym.).
- Varmistetaan lähtötietojen riittävyys, pyydetään tarvittavat lisäselvitykset ja välitetään tieto pääsuunnittelijalle.
- Sovitaan strategisen työympäristösuunnittelun menettelyistä.

Näiden selvitysten tuloksena muodostuu lähtötietoluettelo. Suunnittelijan on hyvä perehtyä huolellisesti lähtötietojen sisältöön määrittäessään tietomallinnuksen tavoitteita ja tietomallisuunnitelmaa. Olevan tilanteen suunnitelmat suunnittelija saa usein 2D-muodossa: joko DWG-tiedostona tai skannattuna tai tulostettuna PDF-tiedostona. Joissain tapauksissa, esimerkiksi korjauskohteissa, suunnittelijalla voi olla käytössään inventointimalli tai mahdollisesti tontin muiden rakennusten IFC-mallit. Korjauskohteista voi olla myös tuotettuna pistepilviaineisto, usein eriteltynä rakennuksen sisä- ja ulkopuolen osilta. Myös maastosta on voitu tehdä pistepilviaineisto, jonka hyödyntäminen maastomallinnuksen osalta selvitetään tarvittaessa projektikohtaista tietomallinnusohjetta tehdessä.

Siililahden koulun hankesuunnittelun aloituksen yhteydessä tilaajalle toimitettiin lista tarvittavista lähtötiedoista, joista tietomallinnuksen kannalta olennaisimpia olivat ajantasaiset pää- ja arkkitehtipiirustukset sekä pistepilviaineisto maastosta. Lähtöaineistona saatiin myös tontilla sijaitsevan lisärakennuksen, Viikarin, IFC-malli. Käytössämme oli myös ilmakuvia tontilta, sekä useita valokuvia olemassa olevasta rakennuksesta. Lisäksi kohteesta oli tehty aikaisemmin rakennushistoriallinen selvitys.

## 2.2 Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo ARK18

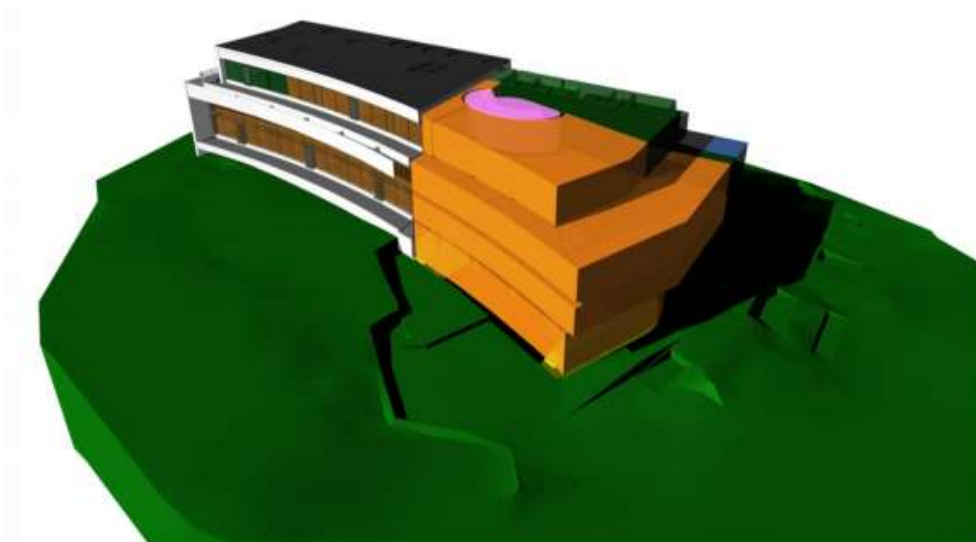
ARK-18 tehtäväluettelo määrittelee lähtökohdat suunnittelun laajuudelle ja toimii viitteenä tarjousasiakirjoille ja suunnitelmasopimuksille. Suunnittelijan on hyvä pitää tehtävälistan sisältö, tehtäväräjaukset ja erikseen tilattavien tehtävien listaus mielessä hankkeen aikana.

K-merkinnällä merkityt kohdat tehtävälistauksessa tarkoittavat korjauskohteissa huomioitavia kohtia listauksessa. Erikseen tilattavien tehtävien listaus on ohjeellinen ja tilaajan kanssa voidaan sopia muistakin erikseen tilattavista tehtävistä kuin mitä ARK18-listauksessa on mainittu.

## 2.3 Tietomallinnusohje

Projektin aikana käytössä oli useita yrityksemme tietomallinnusohjeita, mutta ohjenuorana tietomallinnuksen tarkkuudelle oli YTV:n Taso 1.

### 5.2.1 Taso 1 - Tilamalli



Tilamallissa on mallinnettuna rakennuksen ulkovaippa ilman yksityiskohtia ja tilat tilaobjekteina tilatietoineen. Töölön kirjasto, HKR-rakennuttaja, kuva: Tietoa Finland Oy

#### Vaatimus

Mittauksien pohjalta laaditaan tilamallitasoinen inventointimalli ja luonnostasoiset piirustukset

#### Ohje

*Tilamalli ja piirustukset toimivat tutkimuksien ja hankesuunnittelun lähtötietona.*

#### Taso1 – Tilamalli

Rakennusosa	Vaatimukset
<b>Tilat</b>	
<b>Huoneala</b>	mallinnetaan, tiloihin liitetään tilatunnisteet ja määritellyt inventointitiedot

#### 11 Alueosat – Tontin malli

3D pintamalli ja säilytettävä kasvillisuus määritellään hankekohtaisesti

#### 12 Talo-osat

1241 Ulkoseinät	mallinnetaan ilman yksityiskohtia
1242 Ikkunat	mallinnetaan ilman karmijakoja
1243 Ulko-ovet	mallinnetaan ilman yksityiskohtia
1263 Vesikatteet	mallinnetaan
122 Alapohjat, 123 Runko ja 125 Ulkotasot	määritellään hankekohtaisesti

#### 13 Tila-osat

1336 Saniteettikalusteet määritellään hankekohtaisesti

## 2.4 Lähtötietomalli

Inventointimallilla tarkoitetaan kohteen lähtötiedoista laadittua tietomallia - hankkeessa tarvittavien lähtötietojen dokumentointia hankkeen kannalta tarkoituksenmukaisessa muodossa (Rajala 2019). Lähtötieto- eli inventointimalli ei ole välttämättä 3D-malli, joka kuitenkin on jatkosuunnittelua ajatellen käyttökelpoinen vaihtoehto. Erityisesti laajennuskohteissa mallinnettuun lähtötilanteeseen on helppo lisätä uusia suunnitteluratkaisuja ja suunnittelija hahmottaa olevan tilanteen mittasuhteet paremmin. Lähtötietomallia voidaan hyödyntää parhaiten korjaus- sekä laajennuskohteissa.

Mallinnustyön ja mallin tulevien käyttömahdollisuuksien kannalta merkittäviä asioita ovat mallin tarkkuus, mallinnettavan alueen laajuus, mallinnettavat rakennusosat ja mallin tietosisältö. Mallin tietosisältö ja käyttötapa voivat vaihdella eri kohteiden välillä huomattavasti riippuen kohteen luonteesta (Rajala 2019). Lähtötietomalli voidaan siis tuottaa monilla eri tavoilla, sekä monella eri tarkkuudella. Mallinnustarkkuus on päätettävä kohteeseen sopivaksi ja siitä tulee olla maininta ja selvitys tietomallinnussuunnitelmassa. Tarveselvitys- sekä hankesuunnitteluvaiheessa lähtötietomalli voi olla ns. massamalli, joka esittää esimerkiksi olevan tilanteen rakennuksen vain yhtenäisenä rakennusmas- sana. LVIS-saneerauksen yhteydessä tuotettava inventointimalli voidaan mallintaa hyvin tarkasti rakennusosittain, mitatun tiedon perusteella. Myös pistepilviaineistoa käyttämällä saadaan tuotettua jopa millintarkkoja lähtötietomalleja.

Tasonhallinta on keskeinen osa tietomallinnusta myös lähtötietomallia mallintaessa. Kuitenkin esimerkiksi massamallia tehtäessä tasojen käyttö ei ole välttämätöntä. Rakennusosien status, kuten esimerkiksi purettavat rakenteet, säilytettävät rakenteet, on hyvä olla käytössä mallinnettaessa, tarkkuudesta riippumatta.

Siilinlahden koulun hankesuunnitelmassa mallinnettiin vain uudisrakennusvaihtoehto, jossa käytettiin lähtötietomallia maaston osalta. Usein korjaus- ja laajennuskohteissa voidaan hyödyntää lähtötietomallia monipuolisemmin.

Inventointimallin tarkkuus tulee päättää projektin kannalta tarkoituksen mukaiseksi. Lähtötietomallin laatimiseen vaikuttavat myös saatavilla olevat lähtötiedot ja niiden tarkkuus, sekä luotettavuus. Lähtötietomallin tarkkuuden määrittelyn apuna voidaan käyttää YTV:n inventointimallinnuksen tehtävän määrittelylomaketta. (YTV osa 2, liite 1.)

Projekteissa, joissa lähtötilanne pyritään mallintamaan tarkasti, lähtötietoja tarkennetaan usein tarkemmittauksilla, lisätutkimuksilla tai esimerkiksi laserkeilauksella. Tarvittavan mittaustarkkuuden määrittelyssä nyrkkisääntönä voidaan pitää suhdetta 1/2. Mittaustarkkuus tulee olla kaksinkertainen suhteessa vaadittuun mallinnustarkkuuteen. Jos vaadittu mallinnustarkkuus on 10 mm, mittaus tulee suorittaa 5 mm tarkkuudella. (Rajala 2019.)

Saneerauskohteiden mittaamiseen ja mallintamiseen voidaan myös käyttää tarvittaessa eri tarkkuus- tasoja, jos hankkeen luonne on selvillä jo suunnittelun alkuvaiheessa. Esimerkiksi taloyhtiön LVIS-

korjauskohteissa olevan tilanteen tiedot kerätään tarkasti kylpyhuone- ja wc-tiloista. Lisäksi tarkemmitataan tiettyjä arvoja, kuten alakattojen korkeuksia, kalusteiden yläoskeleiden korkoja hormien mittoja. Arkkitehtisuunnittelija osaa useimmiten jo tällaisen hankkeen alkuvaiheessa priorisoida mittaja mallinnustarkkuuden saneerauksen kannalta olennaisiin tiloihin. LVIS-saneerauksen yhteydessä esimerkiksi makuuhuoneen kiintokalusteet eivät ole olennaisia, joten niiden tarkemmittaus ja tarkka mallintaminen ei ole tarpeen. Huonetilojen mallintaminen eri tarkkuudella voi olla perusteltua ja ajankäytön hallinnan kannalta hyvä vaihtoehto. Jos kohteesta tehdään tietomalliseloste, siinä on hyvä mainita tietomallin tarkkuuden vaihtelusta tiloittain, mallin mahdollisen jatkokäytön kannalta.



KUVA 5. Inventointimalli myöhemmin purettavasta vastaanottorakennuksesta, yhdistettynä laajennuksen tietomalliin (Sitowise Oy: Herranen 07-04-2020)

## 2.5 IFC-malli hankesuunnittelun lähtötietona

Jos suunnittelija saa käyttöönsä tontilla tai suunnittelualueella sijaitsevien aiemmin rakennettujen rakennusten tietomallit, niitä on hyvä hyöntää suunnittelussa ja liittää osaksi omaa tietomallia. IFC-malli toimiva tapa siirtää tietomallin informaatiota suunnitteluohjelmasta toiseen. Suunnittelija voi myös tuoda tietoa IFC-mallista omaan tietomalliinsa valikoiden, liittäen vain olennaiset tasot ja rakennusosat.

IFC on lyhenne sanoista Industry Foundation Classes ja on kansainvälisesti yleistynyt tiedonsiirto-standardi eri tietokoneohjelmistojen välillä. IFC-tiedonsiirto sujuvoittaa suunnitelmien yhteensovittamista eri suunnittelualojen välillä, sekä mahdollistaa sen, että tietomalleja on helppo siirtää suunnittelijalta toiselle ja ohjelmasta toiseen. IFC-muotoisista tietomalleista voidaan myös koota ns. yhdistelmämalli. Yhdistelmämallissa voidaan tarkastella eri suunnittelualojen suunnitelmia yhtä aikaa ja tehdä ns. törmäystarkasteluja suunnitelmien yhteentörmäysten löytämiseksi. Ohjelmistoista mm. Solibri on laajasti käytössä oleva ohjelmisto yhdistelmämallin käsittelyyn.

Hankesuunnitteluvaiheessa on harvoin käytössä useampien suunnittelualojen tietomalleja, joten yhdistelmämallien teko ja suunnitelmien yhteensovitus kuuluu useimmiten rakennussuunnitteluvaiheeseen.

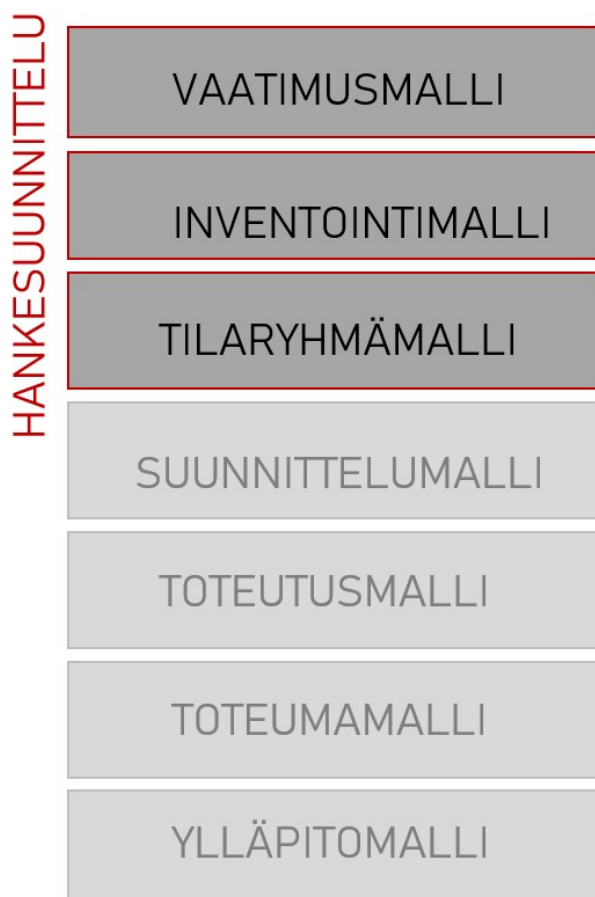
### 2.5.1 Viikarin IFC-malli

Tilaaajalta saatiin vuonna 2016 rakennetun Viikarin IFC-malli ja sitä hyödynnettiin osana tietomallia. Hankesuunnitteluvaiheessa Viikarin tietomalli toimi lähinnä havainnollistamistarkoituksessa, sekä suunnittelun apuvälineenä.

Siilinlahden koulun uudisrakennuksen tuli paloteknisistä syistä olla 8 metrin päässä tontilla sijaitsevista rakennuksista. Etäisyyksien mitoittaminen helpottui, kun saimme Viikarin tietomallin sijoitettua paikoilleen tontille. Rakennusmassojen vertailua oli myös helpompaa tehdä, kun pystyimme vertailemaan esimerkiksi Viikarin korkeutta uudisrakennuksen rakennusmassaan.

## 2.6 Tietomallin vaiheistus ja jatkokäyttö

Tietomallin vaiheistuksella tarkoitetaan sitä, että tietomalli syntyy vaiheittain ja tarkentuen eri suunnitteluvaiheiden edetessä. Oleellinen tieto siirtyy aina varhaisemmista tietomalleista seuraavan suunnitteluvaiheen tietomalliin.



KUVA 6. Tietomallin vaiheistus (Herranen 2021)

Hankesuunnitteluvaiheessa tyypillisimpiä tietomallin vaiheita ovat vaatimusmalli, inventointimalli ja tilaryhmämalli. Ideaalitulanteessa hankesuunnitteluvaiheen tilaryhmämalli voisi toimia pohjana varsinaisen rakennussuunnitteluvaiheen tietomallille.

Joissain tilanteissa rakennuksen suunnittelua jatkaa suunnittelun eri vaiheissa toinen toimija, joten aikaisempien suunnitteluvaiheiden onnistunut tiedonsiirto on keskeistä jatkosuunnittelun kannalta. Suunnittelijan on kiinnitettävä huomiota esimerkiksi mallinnusohjelman IFC-kääntäjän asetuksiin, jotta tarpeellinen informaatio on käytettävissä jatkossa.

Suunnitteluvaiheiden ja toteutuksen edetessä, oikein käytetty tietomalli tehostaa rakennusaikaisia prosesseja ja toimii hankkeen eri osapuolten yhteisenä työvälineenä. Myös rakennuksen huolto- ja ylläpitovaiheen tietomallin hyödyntämiselle on löydetty uusia käyttötapoja.

### 3 LASERKEILAUSAINEISTO JA MAASTOMALLI

Siilinlahden koulu sijaitsee haastavalla, useita korkeuseroja sisältävällä rinnetontilla. Erityisesti näin haastavalla tontilla laserkeilausaineisto on arvokas tietolähde tarkan maastomallin tekemiseen. Laserkeilausaineisto myös nopeuttaa ja sujuvoittaa maaston mallintamista, sekä johtaa oikein mallinnetuna tarkkaan lopputulokseen. Jos tilaajataho ei aseta laserkeilaukselle, tai maaston inventointimallin tekemiselle erityisiä vaatimuksia, laserkeilauksen ja maastomallinnuksen taso ja tarkkuus on projektikohtaisesti sovittavia asioita.

#### 3.1 Laserkeilausaineiston tarkkuus ja sen kerääminen

Perinteisen laserkeilauksen periaate perustuu keilainlaitteen lähettämään lasersäderasteriin. Keilaimen rasterin tiheyttä voidaan säädellä, tiheimmillään se voi olla alle 10 mm. Kun lasersäde kimpoaa esteestä, keilainlaitteisto mittaa etäisyyden ja muodostaa automaattisesti kyseisen pisteen koordinaatit. Osa laitteista hyödyntää valokuvasarjoja ja niiden avulla saadaan automatisoidusti tuotettua pistepilviä, joita kutsutaan fotogrammetrisiksi pistepilviksi.

Laserkeilauksen tarkkuus riippuu suoraan keilattujen pisteiden tiheydestä. Laserkeilausta voidaan tehdä eri tarkkuuksilla ja laserkeilausaineistoa voidaan mm. harventaa jälkepäin.

Pisteluoikat:

Luokittelematon LAS 1.2 -formaatin mukainen luokan arvo 1, Unclassified: Lähtötilanteessa kaikki laserpisteet ovat tässä luokassa, ja lopputilanteessa ne pisteet, joiden luokka ei luokitusprosessissa ole muuttunut.

Peittoalue LAS 1.2 -formaatin mukainen luokan arvo 12, Overlap: Lentojonojen päällekkäisiltä alueilta vain yhden jonon pisteitä on mukana jatkoluokittelussa, muut pisteet on asetettu tähän luokkaan. Nämä lentojonojen yhteensovittamiseen käytetyt pisteet on datakuorman keventämiseksi poistettu datasta, mutta ne on varastoitu mahdollisia poikkeuksellisia tarpeita varten.

Isolated, luokan arvo 16: Yksittäiset pisteet ilmassa ja maanpinnan alla luokitellaan isolated -luokkaan virhepisteiden vähentämiseksi. Piste luokitellaan ko. luokkaan, jos pisteestä 5 metrin säteellä on muita pisteitä 10 tai vähemmän. Kyseiseen luokkaan menee myös joitakin laserpisteitä oikeista kohteista, kuten pisteitä sähkölinjoista tai harvassa metsässä puiden rungoista.

Matalat virhepisteet LAS 1.2 -formaatin mukainen luokan arvo 7, Low Point: Nämä pisteet ovat automaattisen luokituksen mukaan tilastollisesti liian alhaalla lähiympäristönsä pisteisiin nähden. Ne voivat johtua esimerkiksi keilainhäiriöstä, laserpulssin monitieheijastuksesta tai keilainjärjestelmän virheellisestä paluukaikerottelusta.

Maanpintapisteet LAS 1.2 -formaatin mukainen luokan arvo 2, Ground: Nämä pisteet edustavat alinta pintaa, joka ilmasta käsin on havaittavissa. Tulos riippuu luokittelualgoritmin parametreille valituista arvoista, ja se on aina kompromissi maanpintaan kuulumattomien ja siitä puuttumaan jäävien pisteiden määrän välillä.

Air points, luokan arvo 15: Pilvet, lentävät kohteet tai muut ilmassa olevat kohteet luokitellaan tähän luokkaan.



Fault points, luokan arvo 17: Automaattiluokitusten jälkeen jäljelle jääviä keilainhäiriöistä johtuvia pisteitä luokitellaan tähän luokkaan.

Jäljelle jääneille luokittelemattomille default-luokkaisille laserpisteille tehdään korkeustasoluokittelu maanpinnan suhteen kolmessa vaiheessa. Pisteet sisältävät muutakin kuin kasvillisuuden pisteitä, vaikka luokan nimi viittaa kasvillisuuteen.

Low vegetation, LAS 1.2 -formaatin mukainen luokan arvo 3, Low Vegetation: Laserpisteet korkeudelta 0,0 – 0,5 metriä maanpinnan yläpuolella luokitellaan luokkaan 3.

Medium vegetation, LAS 1.2 -formaatin mukainen luokan arvo 4, Medium Vegetation: Laserpisteet korkeudelta 0,5 – 2,0 metriä maanpinnan yläpuolella luokitellaan luokkaan 4.

High vegetation LAS 1.2 -formaatin mukainen luokan arvo 5, High Vegetation: Laserpisteet korkeudelta 2,0 – 50,0 metriä maanpinnan yläpuolella luokitellaan luokkaan 5.

Laserkeilausaineisto 0,5 p pistetiheys on harvennettu alkuperäisestä 5 p/m<sup>2</sup> tiheydestä 0.5 pistettä/m<sup>2</sup> tiheyteen pl. aluevalvontalain §14 rajoitealueet, joilla harvennettu pistetiheys on 0.3 p/m<sup>2</sup>. Harvennuksen ansiosta pisteiden horisontaalinen jakauma on mahdollisimman tasainen. Pisteiden keskimääräinen vaakaetäisyys toisistaan on n. 1,4 m, rajoitealueilla n. 1,8 m.

Pistelukat ovat muuten samat kuin alkuperäisessä laserkeilausaineisto 5 p:ssa, mutta kaikki häiriöpistelukat on poistettu ennen harvennusta.

Laserkeilaus voidaan tehdä ilmasta käsin tai jalustalla seisovalla keilaimella. Rakennus tai alue on usein keilattava useammasta suunnasta, jotta saadaan vältettyä katvealueiden muodostuminen. Toimiva jalusta ja kokeneet keilaajat, sekä laadukas keilain takaavat toimivan aineiston keräämisen.

Full waveform LiDAR eli täyden aallonmuodon laserkeilaus on toimiva tapa taltioida laserkeilausaineistoa metsästä. Sen keilausperiaate perustuu laserpulssiin ja siihen, että keilain ottaa palaavasta signaalista näytteitä 1 nanosekunnin välein. Tätä keilausperiaatetta hyödynnetään harvemmin rakennusten laserkeilauksessa.

Laserkeilausta tarjoavia yrityksiä löytyy Kuopion seudulta kourallinen. Myös Maanmittauslaitoksen järjestelmistä voi ladata ilmaisia pistepilviä tai maksullista, tarkempaa pistepilviaineistoa. Rakennusteollisuuden lisäksi laserkeilauksella saadaan arvokasta tietoa mm. infrastruktuurista, sekä metsistä ja niiden eläimistä, joten Maanmittauslaitoksen aineistosta on hyötyä useille ammattilaisille. (Maanmittauslaitos 2020.)

# TRIMBLE X7 3D LASERKEILAUSJÄRJESTELMÄ

**Yleiset ominaisuudet**

- ▶ Kantama 80 m
- ▶ Kantaman tarkkuus 2 mm
- ▶ 3D-pisteen tarkkuus 3.5 mm @ 20 m
- ▶ Fast-keilaus 2,34 min. kuvien kanssa
- ▶ IP55-suojaus
- ▶ 2 vuoden takuu

**Automaattinen kalibrointi**

- ▶ Automaattinen kalibrointi 25 sekunnissa
- ▶ Ei tarvita tähyksiä eikä käyttäjän toimenpiteitä
- ▶ Kulman ja etäisyyden korjaukset
- ▶ Monitoroi laitetta ja ympäristön muutoksia suorituskyvyn optimoimiseksi

**Maanmittaustasoinen itsetasaus**

- ▶ Kantama  $\pm 5^\circ$  (maanmittaustaso),  $\pm 45^\circ$  (kärkeä)
- ▶ Ylösalaisin  $\pm 5^\circ$  (maanmittaustaso)
- ▶ Tarkkuus  $< 3'' = 0.3 \text{ mm @ } 20 \text{ m}$

**Kompakti ja liikkuva**

- ▶ 5.8 kg, sis. akun
- ▶ 178 mm (L) x 253 mm (K) x 170 mm (S)
- ▶ Helppo kuljettaa repussa, myös lentokoneessa

**Trimble Vision**

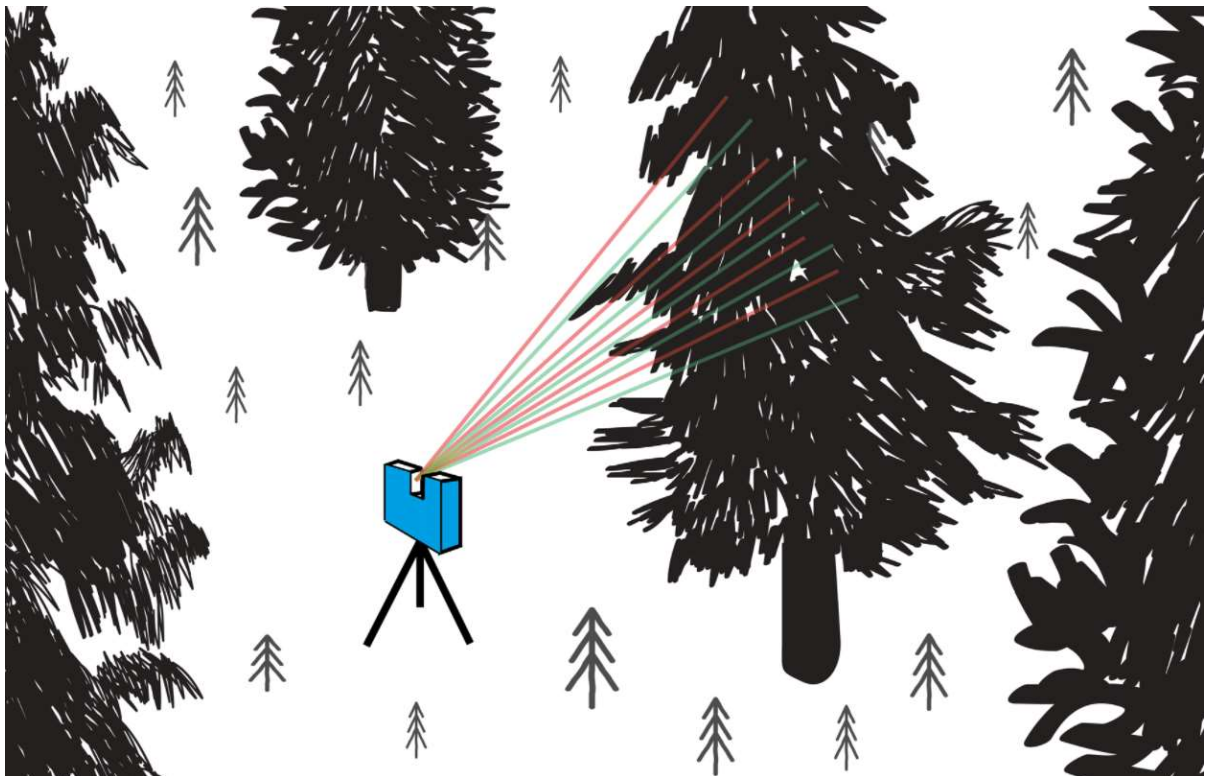
- ▶ 3 koaksiaalista kalibroittua 10MP:n kameraa
- ▶ 3840 x 2746 pikseliä/kuva
- ▶ Nopea kuvakeräys 1-2 minuutissa

**Trimble Registration Assist**

- ▶ X7 IMU seuraa sijaintia/liikettä
- ▶ Autom. rekisteröinti, raportointi
- ▶ Manuaalinen tasaus, jaettu näyttö pilvestä pilveen
- ▶ 3D-visualisointi



KUVA 7. Trimble X7 3D Laserkeilausjärjestelmä (TRIMBLE:n kuvasto)



KUVA 8. Metsän laserkeilauksen periaatekuva (Junttila 2019)

### 3.2 Laserkeilausaineiston eri muodot

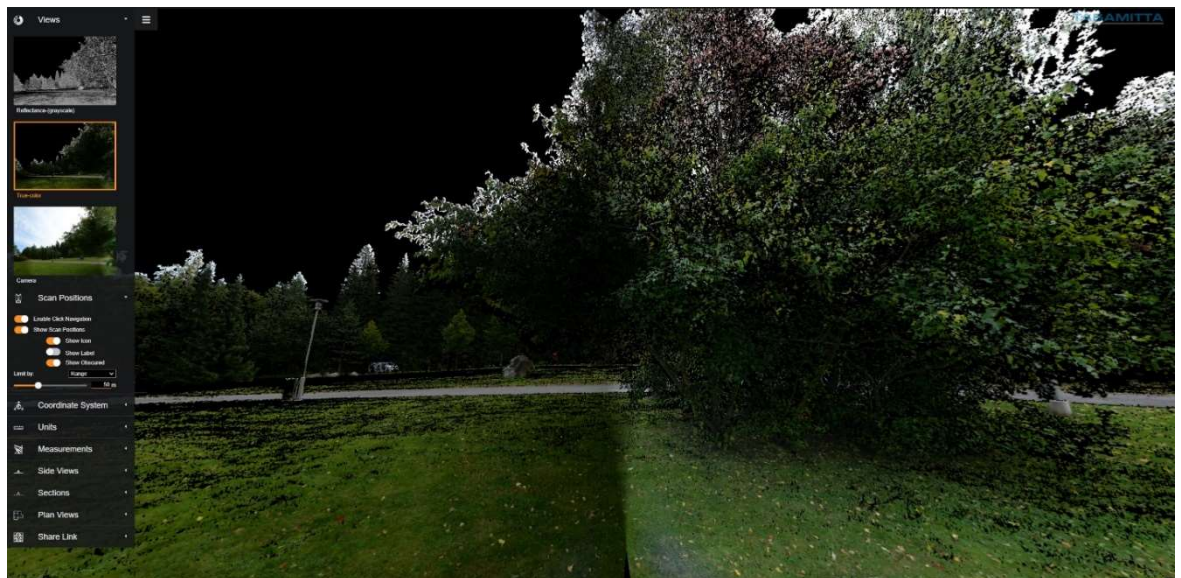
Pistepilvidata on usein käsiteltynä muodoltaan tekstitiedosto, joka kertoo keilatun pisteen X,Y ja Z-koordinaatit. Vaihtoehtoisesti pistepilvi voi olla .e57-tiedostomuodossa (ASTM E3 -muodossa luotu 57D-kuvatiedosto) tai muissa formaateissa, kuten .laz tai .las. Useimmilla laserkeilaimilla saadaan muodostettua myös valokuvamaista, yhtenäisistä pinnoista muodostuvia näkymiä rakennuksista ja ympäristöstä. Esimerkiksi Ripano-ohjelmisto mahdollistaa saumattoman liikkumisen valokuvanäkymien välillä, joka on arvokasta tietoa varsinkin suunnittelijoille, joilla ei ole ollut mahdollisuutta käydä kohteessa paikan päällä. Keilaimen rakenne ja jalusta saattavat joissain tapauksissa muodostaa pienen katvealueen kuvan yläreunaan, mutta joka näkyy vain valokuvanäkymässä.

Ripano-ohjelmistossa on 3 eri näkymää; GrayScale, TrueColor ja Camera. Näistä Camera-näkymä tarjoaa valokuvamaisen esitystavan ympäristöstä. Grayscale- ja Truecolor-näkymissä voidaan tarkastella keilatuista pisteistä muodostuvaa näkymää. Pinnan yhtenäisyys riippuu keilaustarkkuudesta ja siitä, kuinka paljon aineistoa on jälkikäsitellyssä harvennettu. Greyscale- ja TrueColor-näkymissä voidaan myös hyödyntää mittaustyökalua. Mittaustyökalulla mittojen tarkistaminen on nopeaa ja vaivatonta. Työkalulla näkee myös osoittimen alla olevan pisteen X,Y,Z-koordinaatit.



KUVA 9. GreyScale-näkymä Ripano-ohjelmistossa (Herranen 2020)





KUVA 10. TrueColor-näkymä Ripano-ohjelmistossa (Herranen 2020)



KUVA 11. Camera-näkymä Ripano-ohjelmistossa (Herranen 2020)



KUVA 12. Mittaaminen Ripano-ohjelmistossa (Herranen 2020)

### 3.4 Pistepilviaineiston muokkaaminen

Archicad-ohjelmisto voi hyödyntää pistepilviaineistoa .e57-muodossa tai tekstimuodossa .xyz-tiedostona. Pistepilvitiedostot ovat usein suuria ja raskaita mallinnusohjelmille käsitellä ja renderoida. Usein on tarkoituksenmukaista harventaa ja halutessaan muilla tavoin muokata laserkeilausaineistoa, sillä aineisto saattaa sisältää miljoonia, joskus jopa miljardeja eri pisteitä. Muokkaamista voi pyytää keilauksia tarjoavilta yrityksiltä tai arkkitehtisuunnittelija voi hoitaa aineiston käsittelyn itse.

Pistepilviaineiston muokkaukseen tarkoitettuja ohjelmistoja ovat mm. CloudCompare ja Autodeskin ReCap. Yksinkertaisimmillaan muokkaus voi olla myös tekstitiedoston harventamista toisiaan lähellä olevista pisteistä. Myös virhepisteet (esim. 000.00 000.00 000.000) saadaan poistettua tekstitiedostoa käsittelemällä. Tähän sopiva sovellus on esimerkiksi tietokoneista löytyvä muistiosovellus.

Pistepilveen voidaan lisätä tietomallin origopisteet, jotka ovat maailman koordinaatistossa (esim. ETRS-GK27). Mallinnusohjelmaan tuotaessa pistepilven origo siiretään tietomallin origopisteeseen (korkeuskoordinaatti pidetään paikoillaan). Origin koordinaattien avulla voidaan tarkistaa, että pistepilvet ovat tietomallissa kohdikkain.

Useimmiten toimivan maastomallin saa yksinkertaisellakin keilausaineiston muokkauksella, jossa pääpaino on virhepisteiden poistamisessa, aineiston harventamisessa ja origon luomisessa. Myös muita edistysellisempiä tapoja keilausaineiston muokkaukseen löytyy, kuten georeferointi, eli pistepilven sitominen paikkatietokoordinaatistoon.

Tiedosto	Muokkaa	Muotoile	Näytä	Ohje
27535288.864	6978075.768	126.811		
27535305.411	6978075.991	127.031		
27535304.271	6978076.194	126.936		
27535305.301	6978076.396	126.904		
27535304.662	6978077.650	126.595		
27535305.091	6978077.369	126.771		
27535307.779	6978077.881	126.290		
27535274.334	6978078.230	125.771		
27535281.386	6978079.624	125.653		
27535287.219	6978078.385	125.790		
27535287.239	6978079.828	125.591		
27535293.604	6978078.667	125.706		
27535292.788	6978079.296	125.636		
27535293.557	6978079.438	125.531		
27535295.642	6978078.994	125.726		
27535297.140	6978079.349	125.700		
27535301.371	6978078.109	126.323		
27535300.947	6978079.563	125.718		
27535301.786	6978079.727	125.656		
27535302.619	6978078.000	126.341		
27535303.057	6978078.607	126.101		
27535281.007	6978080.169	125.642		
27535285.945	6978080.391	125.556		
27535286.922	6978080.257	125.425		
27535271.576	6978083.580	124.200		
27535272.503	6978082.864	124.742		
27535272.245	6978083.147	124.646		
27535273.169	6978083.377	124.721		
27535271.485	6978084.051	124.035		
27535272.971	6978084.603	124.091		
27535274.771	6978084.492	124.637		

KUVA 13. Esimerkki pistepilviaineistosta tekstimuodossa (Herranen 2021)

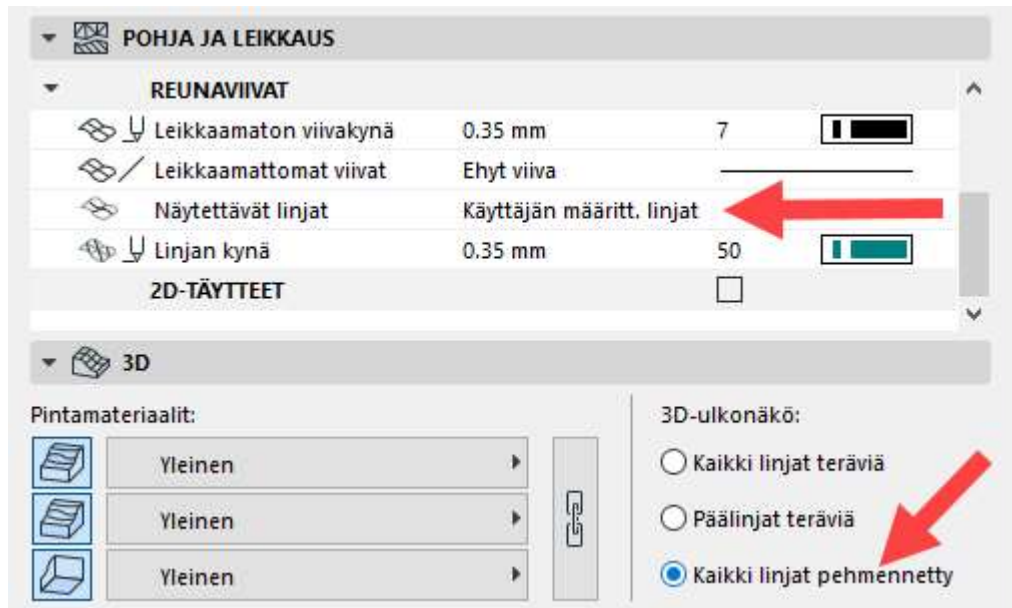
### 3.5 Pistepilviaineistosta maastomalliksi

Esimerkkikohteen, eli Siilinlahden koulun maastomallin tekemiseen hyödynnettiin tekstimuotoista pistepilveä, jota oli muokattu Excel- sekä muistiosovellusta käyttäen. Myös origo oli huomioitu tekstitiedostossa.

Pistepilviaineiston tuonti maastomallin luontia varten Archicadiin onnistuu ”Sijoita pinta mittauspisteiden mukaan”-toimintoa käyttämällä. Archicad pystyy hyödyntämään xyz.- sekä tekstimuotoisia pistepilviä. Pistepilven kohdistus voidaan tehdä pistepilven ja tietomallin origoiden kohdistuksella tai siirtämällä manuaalisesti pistepilvi tiettyyn pisteeseen. Manuaalinen siirto ja tietyn kohdistuspisteen löytäminen toimii parhaiten, kun tietomallissa on viitetiedostona esimerkiksi kartta-aineisto.

Pistepilvestä luotua maastoa voidaan muokata tietomallissa useilla eri tavoilla. Kolmioverkkomaisesta esitystavasta pääsee eroon muokkaamalla maastomallin linjoja pinta-työkalun asetuksista.





KUVA 14. Maaston esitystapojen muokkaaminen (Herranen 2021)

Pistepilvestä luotu maastomalli sisältää parhaimmassa tapauksessa millintarkkaa tietoa tontista ja rakennuksen ympäristöstä. Näin ollen suunnittelijan on helpompi asemoida tuleva rakennus paikalleen, sillä tiedot tontista ovat ajantasaiset. Tavallisesti, kun maastomalli luodaan korkeuskäyrien avulla, siinä ei välttämättä näy viimeisimmät muutokset, joita tontilla on mahdollisesti tehty.

## 4 TIETOMALLIPOHJAISEN SUUNNITTELUPROSESSIN TEHTÄVIÄ HANKESUUNNITTELUSSA

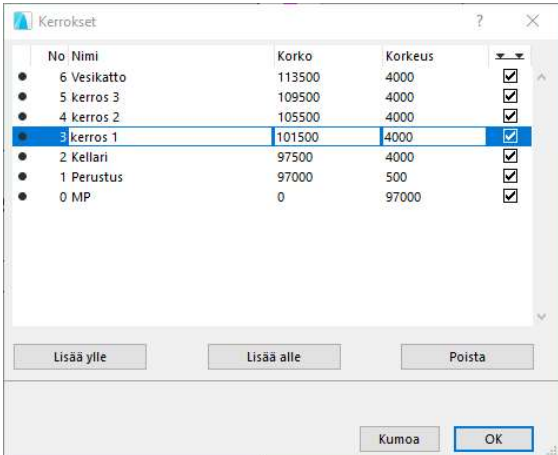
### 4.1 Rakennuksen tietomalli ja tilakaaviot

Jos yrityksellä on käytössään hankesuunnittelulle räätälöity aloituspohja, sitä on suositeltavaa käyttää tai vaihtoehtoisesti karsia rakennussuunnitteluvaiheen aloituspohjaa. Muutosvaiheen käyttö on erityisen tärkeää korjauskohteissa, jotta säilytettävät, purettavat ja uudet rakennusosat voidaan eritellä toisistaan.

Siilinlahden koulun hankesuunnitelman tietomallia tehtäessä, mallinnuksen aloitukseen kuului vanhojen suunnitelmien tuonti tietomalliin sekä projektiorigon määrittäminen. Projektille määritellään projektikoordinaatisto siten, että koko rakennusalue on positiivisessa koordinaatistossa ja origo sijaitsee lähellä rakennusta. Koska arkkitehti tekee yleensä hankkeen ensimmäiset tietomallit, on hänen vastuullaan myös käytettävän koordinaatiston määrittäminen. Korkeussuunnassa tietomallit mallinetaan todelliseen korkeusasemaan kunnan korkeusjärjestelmässä. Rakennusten tietomallien mittayksikkönä käytetään millimetriä. Kiertokulmat ilmoitetaan aina vähintään kahden desimaalin tarkkuudella. (YTV osa 3, 3.1.) Origo on toisin sanoen rakennuksen vasemmassa alakulmassa, mutta ei liian kaukana rakennuksesta. Arkkitehtisuunnittelijan tehtävä on myös ilmoittaa muille suunnittelualueille origon koordinaatit.

Siilinlahden koulun projektissa tietomallinnus aloitettiin tutustumalla laserkeilausaineistoon ja mallintamalla maaston. Maaston mallinnuksen vaiheet on kerrottu luvussa 3.5. Käytössämme oli karsittu aloituspohja, joka oli räätälöity koulukohteita varten.

Kerrostasot on hyvä määrittellä projektin alussa kohdalleen, joka vaatii sen, että ensimmäisen kerroksen lattiapinta määritetään. Korkeusasemat tietomallissa vastaavat todellisia korkoja ja suunnittelijan tulee tietää, ovatko maaston korkoasemat N2000-korkoaseman mukaiset. Maininta N2000-korkojärjestelmän käytöstä tulee näkyä nimiössä. Kerrostasojen määrittäminen tehdään heti mallinnuksen alkuvaiheessa.



No	Nimi	Korko	Korkeus	
6	Vesikatto	113500	4000	<input checked="" type="checkbox"/>
5	kerros 3	109500	4000	<input checked="" type="checkbox"/>
4	kerros 2	105500	4000	<input checked="" type="checkbox"/>
3	kerros 1	101500	4000	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Kellari	97500	4000	<input checked="" type="checkbox"/>
1	Perustus	97000	500	<input checked="" type="checkbox"/>
0	MP	0	97000	<input checked="" type="checkbox"/>

KUVA 15. Kerrostasot Siilinlahden koulun hankesuunnittelun tietomallissa (Sitowise Oy: Herranen 24-08-2020)



Vyöhykkeiksi kutsutaan huoneen seinien ulkopintojen, lattiapinnan ja ylä- tai välipohjan rajaamaa aluetta. Vyöhykkeet näyttävät 3D-näkymässä kuutioilta ja kuvastavat huoneen pinta-alaa, seinät mukaan lukien. Joissain tilanteissa vyöhykkeet voidaan mallintaa seinän sisäpintojen mukaan. Silloin seinät jäävät tyhjiksi tilavarauksiksi vyöhykkeiden väliin. Useimmiten ala-, väli- tai yläpohjan pinta-aloja ei lasketa vyöhykkeen pinta-alaan mukaan.

Vyöhykkeille voidaan antaa tietomallissa eri parametrisia arvoja, kuten tietoja henkilömääristä tai valoaukkojen pinta-alasta. Vyöhykkeiden tyyppi määritetään tilan käyttötarkoituksen mukaan. Eri vyöhyketyypit näkyvät mallissa eri väreillä tai suunnittelija voi värikoodata ne myös halutessaan itse. Tarvittaessa seinien tai muiden rakennusosien pinta-aloja voidaan vähentää vyöhykkeen pinta-alasta ja näin saadaan lisättyä vyöhykkeiden mallinnustarkkuutta.

0	Kokonaisala	■
0	Kerrosala	
001	Palo-osasto 1	
002	Palo-osasto 2	
003	Palo-osasto 3	
101	Tulihormi	■
102	Talotekninen hormi	■
11	Huoneisto	■
12	Asuinhuone	■
13	Majoitushuone	■
21	Toimistotila	■
22	Liiketila	■
31	Luokkatila	■
32	Opetustila	■
33	Luentosali	■
34	Auditorio	■
36	Laboratoriotila	■
39	Erittelemätön opetustila	■
41	Tuotantotila	■
43	Sairaalatila	■
44	Päiväkotihuoneiston tila	■
45	Sakraalitila	■
46	Kulttuurilaitosten tila	■
47	Liikuntatila	■
49	Erittelemätön erityistila	■
51	Vaatenaulakkotila	■
52	Varasto	■
53	Arkisto	■
55	Autosuoja	■
61	Ruokailutila	■
64	Keittiötila	■
65	Keittiön kylmäsäilytystila	■
✓ 71	Pukutila	■
72	Pesutila	■
73	WC-tila	■
74	Löylyhuone	■
75	Taukotila	■
77	Kerho- ja askartelutila	■
78	Terveystilatajan tila	■
8	Yhteistila	■
81	Väestönsuoja	■
82	Kiinteistövarasto	■
83	Sisäänkäyntitila	■
84	Yleisöpalvelutila	■
85	Pesulatila	■
86	Siivoustila	■
87	Jätehuoltotila	■
88	Kiinteistökohtainen erityistila	■
91	Vaakaliikennetila	■
92	Pystyliikennetila	■
94	Lämmitys- ja vesihuoltotila	■
96	Ilmanvaihtotila	■
97	Sähkötekkinen tila	■
98	Ulkotila	■

Lähtökohtaisesti vyöhyketyökalun käyttö perustuu siihen, että tila-käsite tarkoittaa huonetta, josta tietomallissa muodostuu vyöhyke. On myös tilanteita, joissa huone-käsite ei ole yksiselitteinen. Avoi- met tilat esimerkiksi aulat, ovat esimerkkejä tiloista, joiden rajaaminen voi olla haastavaa.

Joissain tilanteissa on perusteltua käyttää useampaa vyöhykettä päällekkäin. Huonetilojen vyöhykkei- den päälle voi tehdä esim. palo-osastoja kuvastavan vyöhykkeen, joka kattaa useamman huoneen. Näin ollen palo-osastojen pinta-aloja on helppo havainnoida ja esittää esimerkiksi viranomaisille ja käyttäjille. Lohko-jako voidaan myös esittää tietomallissa vyöhykkeiden avulla. Lohkolla tarkoitetaan useimmiten rakennuksen osaa, jonka runko rakennetaan kerralla valmiiksi yhtenä kokonaisuutena.

Erityisesti hankesuunnitteluvaiheessa vyöhykkeet ovat optimaalinen tapa luonnostella tilaratkaisuja tietomallia apuna käyttäen. Niitä voi joustavasti siirtää sijainnista toiseen ja suunnittelija näkee hel- posti tilojen mittasuhteet reaaliajassa. 2D-nuolisymbolin avulla voidaan havainnollistaa ovia ja tilojen välisiä kulkuyhteyksiä. Vyöhykkeitä voi myös mitoittaa pohjiin, samalla tavoin kuin seiniä tai muitakin rakennusosia. Kun vyöhykkeiden järjestys ja keskinäiset yhteydet ovat lopullisessa muodossaan, käytetään pohjapiirrosmaisesta näkymästä nimitystä tilakaavio.

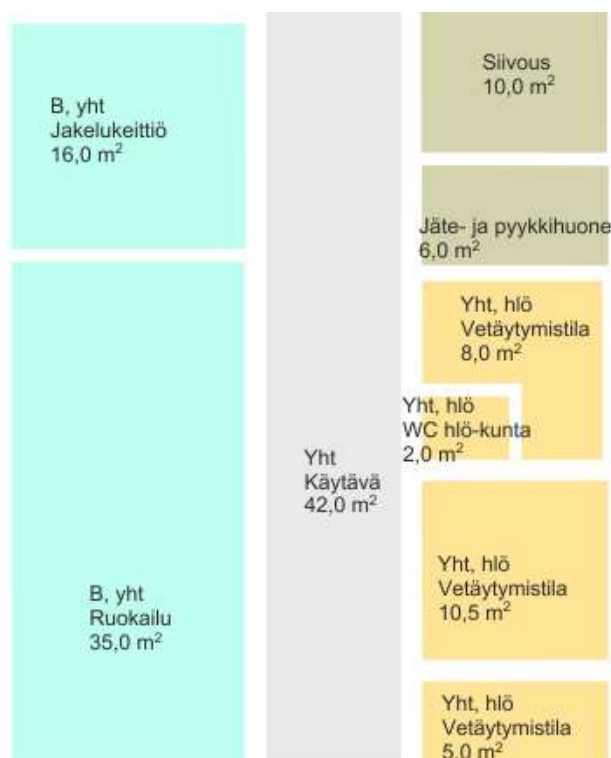
Vyöhykeleimaksi kutsutaan tekstiä, joka kertoo vyöhykkeen ominaisuuksista ja joka näkyy pohjapiir- roksessa vyöhykkeen päällä. Vyöhykeleimaan voidaan määrittää näkymään eri parametreja, kuten tilan henkilömäärä, pinta-ala ja nimi. Yleisimmät parametrit, joita käytetään kohteesta riippumatta ovat tilan koko ja tilan nimi. Suunnittelija voi spesifioida vyöhykeleiman vastaamaan kohteen tar- peita ja lisätä leimaan olennaisia parametreja näkyviin.

Vyöhykkeiden avulla mallinnettaessa vyöhykeleima toimii tilatunnisteena. YTV:n mukaan tilan tär- keimpiä tietoja ovat (YTV2012, osa 3, 5.3.) :

- tilan tunniste; kullekin tilalle yksilöllinen numeroista ja mahdollisesti kirjaimista koostuva tunniste
- tilan käyttötarkoitus; tilan toiminnallinen määrittäminen esim. Talo 2000 -nimikkeistön mukaan
- tilan nimi; tilan kuvaava nimitys

Lisäksi tiloihin voidaan merkitä:

- tilatyypin; tyyppillisesti talotekninen määrittäminen, jota käytetään tilassa referenssinä
- tilan sijaintitunniste; ovinumero tai muu vastaava tunniste, joka kertoo jotain tilan sijain- nista.



KUVA 17. Osa tilakaaviota (Sitowise Oy: Herranen 9-12-2021)

Vyöhykkeistä ja niiden parametreista saadaan otettua myös taulukoituja tietoja. Hankesuunnitteluvaiheessa esimerkiksi tilaohjelma on tärkeä taulukoitu tieto, joka saadaan mallista suoraan ja joka on aina ajantasainen suunnitelmien kanssa. Suunnittelija myös säästää aikaa, kun ylimääräinen laskeminen ja Excelin käyttö jää pois.

Tietomallien käyttö siis mahdollistaa laajasti erilaisten haku-, luettelointi-, sekä yhteenveto-ominaisuuksien hyödyntämisen hankkeen aikana. Näiden ominaisuuksien hyödyntämisen lisääminen lisää olennaisesti myös mallinnushankkeen aikana osapuolilta toisille liikkuvan tiedon määrää. (Tietomallinnettava rakennushanke. Ohjeita rakennuttajalle. RT 10-10992, 2012, 1.)

Taulukoitua tilaohjelmaa voidaan myös nimittää yksinkertaiseksi vaatimusmalliksi. YTV:ssä mainitaan vaatimusmallista seuraavaa:

Vaatimusmallin minimivaatimus on taulukkomuodossa oleva tilaohjelma, jota voidaan käyttää ohjelman ja suunnitelmaratkaisujen vertailussa. Tilaohjelman tulee sisältää tila- tai tilaryhmäkohtaiset pinta-ala- ja mahdolliset erityisvaatimukset. Taulukkomaista tilaohjelmaa voidaan täydentää käyttäjän ja/tai tilaajan tiloille asettamalla vaatimuksilla. Vaatimusmallissa tulee voida esittää myös koko rakennusta tai sen osia koskevia tavoitteita, kuten kokonaisenergiankulutusta, jäähdytystarvetta jne. Niin tilaohjelmaa kuin tiloille asetettuja vaatimuksiakin tulee ylläpitää sähköisessä muodossa siten, että niiden avulla voidaan jatkossa verrata suunnitelmaa vaatimukseen. (YTV2012, osa 3, 5.)

Talo 2000	Nro	Tilan nimi	Tavoite- pinta-ala [m <sup>2</sup> ]	Henkilö- määrä [max]	Huom.
21, Toimistotila					
	HAL	Monistamo- ja materiaalihuone	15,0		
	HAL	Neuvottelutila	12,0	8	1-2 lk solun yhteydessä
	HAL	Neuvottelutila	12,0	8	3-4 lk solun yhteydessä
	HAL	Neuvottelutila	12,0	8	5-6 lk solun yhteydessä
	HAL	Opettajien työskentely- ja taukotilat	150,0	65	Kahvilamainen tila sis. keittiö, vaatesäilytys
	HAL	Rehtorin huone	20,0	1	Sis. Neuvottelupöytä
	HAL	Sihteerin huone	15,0	1	Liittyy lähiarkisto
	HAL	TV- ja radiotila	6,0	1	Monistamon yhteyteen
	HAL	Apulaisrehtorin huone 1	12,0	1	
	HAL	Apulaisrehtorin huone 2	12,0	1	
			<b>266</b>	<b>94</b>	

Kuva 18. Osa tilaluetteloa (Sitowise Oy: Herranen 30-08-2020)

”Tehokkaaksi tietomallinnukseksi” voidaan sanoa sitä, kun tietomallista saadaan mahdollisimman paljon hyötyä ja nimensä mukaisesti tietoa tuotettua. Sen takia eri parametrien, kuten tilatietojen tuottaminen mallista kuuluu suunnittelijan perustaitoihin.

Perinteinen luonnossuunnitteluun vakioitunut tapa, skissipaperille luonnostelu, on useimmiten hitaampaa, tehottomampaa ja tilojen ”pyörittely” vaivalloista. Eri vyöhyketyyppien värit auttavat myös hahmottamaan tilankäyttöä nopealla vilkaisulla. Esimerkiksi käytävät ja aulat mallinnetaan useimmiten yhteistilojen vyöhyketyyppejä käyttäen, joka on väriltään sininen. Suunnittelija saa jo käsityksen visuaalisen havainnoimisen kautta siitä, kuinka paljon mitäkin tilatyyppiä pohjaratkaisussa on. Tämä helpottaa suunnitelmien ymmärrettävyyttä myös käyttäjien ja tilaajan suuntaan.

#### 4.2 Tietomallista tuotetut energia- ja olosuhdeanalyysit

Kiinteistöjen ja rakennusten mallinnuksen tavoite on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen. Tietomalleja hyödynnetään koko rakennuksen elinkaaren ajan, lähtien suunnittelun alusta ja jatkuen vielä rakennusprojektin jälkeenkin käytön ja ylläpidon aikana. Tietomallit mahdollistavat mm:

- investointipäätöksiä tuen vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia
- energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ja ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja ylläpidon tavoite-seuranta varten
- suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden analysoimisen
- laadunvarmistuksen, tiedonsiirron parantamisen ja suunnitteluprosessin tehostamisen
- rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa.

(YTV2021, osa 10, 1.)

Ideaalitilanteessa hankesuunnittelun aikaista tietomallia hyödynnetään ehdotussuunnittelun tietomallin pohjana. Tietomallin tarkentuessa hankesuunnittelun jälkeen sen käyttömahdollisuudet ja siitä tuotettavat parametrit monipuolistuvat ja siitä saadaan luonnollisesti enemmän tietoa.

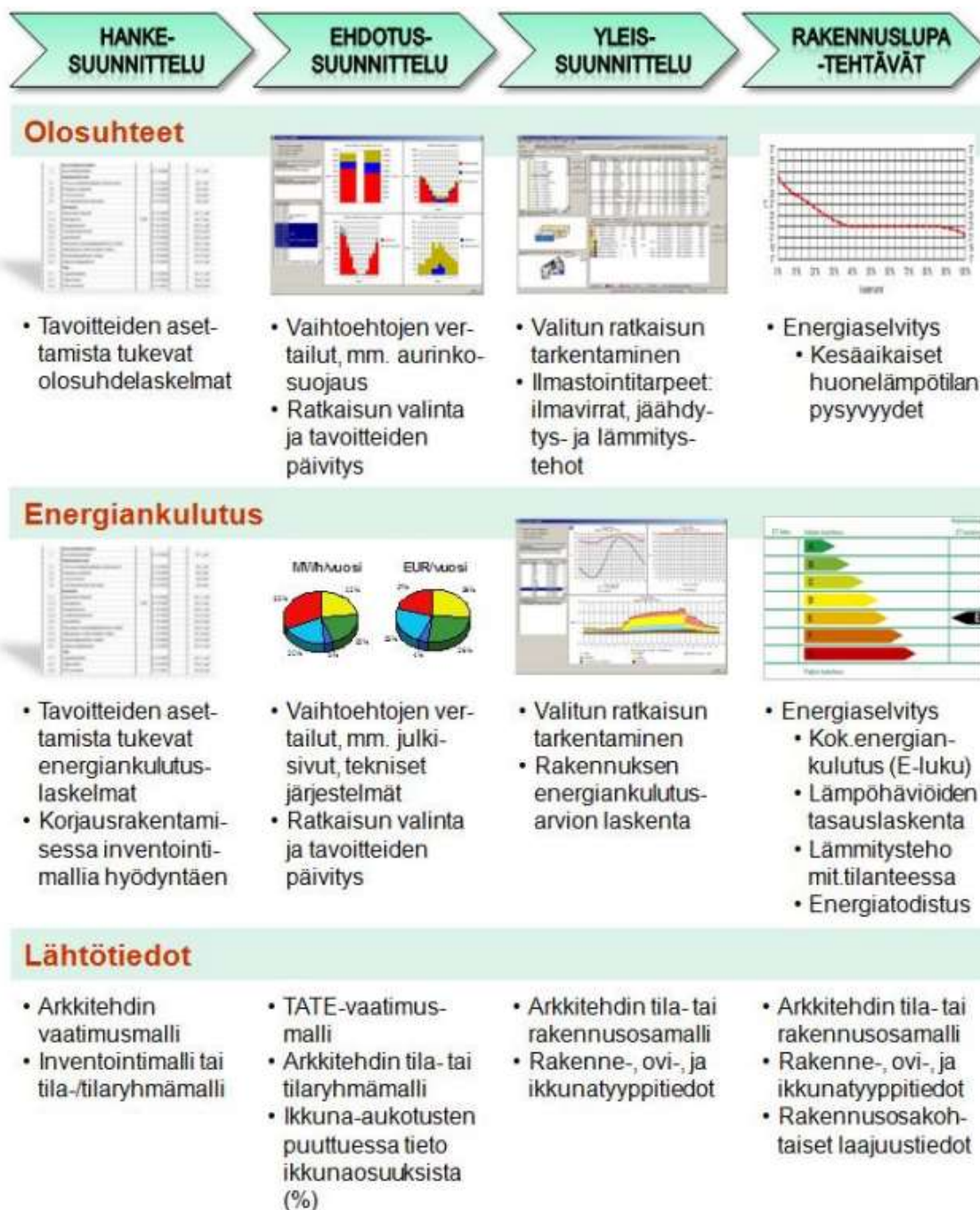
Hankesuunnitelman aikana muodostuvat hankkeen kustannusraamit ja hankkeen tavoitteet tilallisesti- sekä toiminnallisesti.

Päätökset esimerkiksi kunnallistasolla rakennushankkeen toteutusmuodosta ja laajuudesta tehdään hankesuunnitelman, kustannusarvion ja muiden hankkeelle olennaisten selvitysten myötä. Tarveselvitysvaiheen ja hankesuunnitelmassa esitettävien vaihtoehtojen pohjalta tehdään investointipäätös. Näin ollen päätöksentekoon vaikuttaa hyvin voimakkaasti se tieto, jota päättäjät saavat suunnitelma-asiakirjojen kautta.

Ongelma muodostuu silloin, kun alustavan suunnittelusta ei saada tarpeeksi tietoa tuotettua päätöksenteon tueksi. Esimerkiksi korjausrakentamisessa olevan rakennuksen kunnon kartoitus tulisi olla tehtynä kattavasti, jotta mm. korjausasteen määrittäminen ja mahdolliset riskit saadaan tietoon jo ennen suunnittelun aloitusta ja tietoon tilaajatahoille asti. Suunnittelijoilla tulee olla tarpeeksi tietoa käyttäjien toiveista ja rakennuksen tulevasta toiminnankuvasta, jotta kattavat vaihtoehdot hankkeen toteuttamisesta saadaan laadittua. Vaihtoehtojen vertailu tulisi tehdä muutenkin kuin kustannustiedon kautta ja vertailun perusteet tulisi olla osa hankesuunnitelmaa.

Tavoitteena on kuitenkin saada virtuaalinen suunnitelma – tietomalli – mahdollisimman aikaisin valmiiksi, jotta sitä voitaisiin käyttää hankkeen alussa tehtävissä kustannus-, rakennettavuus- ja elinkaarianalyseissä (Penttilä, 346). Tietomallin avulla saadaan tuotettua tietoa tehokkaasti jo alustavistakin suunnitelmista. Mutta realiteetti on, se, että hankesuunnitelma harvemmin sitoo tulevan rakennuksen ominaisuuksia, kuten rakennuksen muotoa, materiaaleja tai rakenneteknisiä ratkaisuja siinä laajuudessa, että mm. energia-analyysit olisivat aina tarkkuudeltaan vertailukelpoista tietoa. Niitä tarkastellessa tulee ottaa huomioon kohteen erityispiirteet, lähtötiedot ja esimerkiksi onko kyseessä korjaus- vaiko uudiskohde.

Korjauskohteiden olevasta tilanteesta voidaan saada tarkkaa tietoa energia-analyysien tueksi. Korjausrakentamishankkeissa, joissa on laadittu inventointimalli, sitä hyödynnetään säilytettäväksi aiotun rakennuksen energiatehokkuuden analysointiin sekä energiatalouden parantamismuutosten tarkasteluun laskennallisesti. Energia-analyysin lähtötietoina inventointimallista hyödynnetään vähintään tiedot rakennuksen ulkovaipan geometriasta. (YTV2012, osa 10, 3.1.)



KUVA 19. Energia-analyysit hankkeen eri vaiheissa, osa 1/2 (YTV2012, osa 10, 3.)

Energia- ja olosuhdesimulaatiota voidaan toteuttaa useilla eri ohjelmistoilla, mutta useimmat arkkitehtisuunnitteluun käytetyt sovellukset, kuten Archicad ja Revit sisältävät nykyään toimivat lisäosat myös näitä selvityksiä varten. Myös MagiCAD:in RIUSKA-sovellus on yleisesti käytetty ohjelma, jolla voidaan tehdä tarkkoja energialaskelmia ja määrittää mm. rakennuksen E-luku.

Kun BIM- eli building information model muunnetaan energiasimulointimalliksi, siitä käytetään nimeä BEM- eli building energy model. Mallin muuntaminen BEM-muotoon on usein mallinnusohjelman ensimmäinen vaihe energia-analyysia tehdessä. Tällöin ohjelma tekee mallinnetusta rakennuksesta geometrisen analyysin.

Muunnoksen aikana:

- Näkyvät rakenteet ja aukot analysoidaan ja samalla otetaan huomioon niiden sijainnit ja suunnat suhteessa vyöhykkeisiin. Tämän perusteella sisätiloille luodaan tilarajat. Tilarajat kuvaavat rakennuksen geometrian tavalla, jonka analyysiohjelma osaa tulkita.
- Tilarajaluettelot täyttyvät. Rakennetyypit ja aukot tuodaan olennaisine ominaisuuksineen esille. (MAD ED-analyysi 2013.)

Kun BEM-malli on muunnettu, tulee tietomalliin syöttää käsin lisätietoja rakennuksesta. Lisätietoja tulee syöttää rakenteista esim. U-arvon muodossa ja aukotuksista mm. lasituksen osilta. Tärkeitä lisätietoja ovat esimerkiksi tontin sijaintiin, maanpintaan sekä tuulensuojaukseen liittyvät parametrit. Tulevan rakennuksen tekniikkaan liittyvät tiedot on myös lisättävä, kuten lämmitykseen, jäähdytykseen ja energiakustannuksiin liittyvät muuttujat.

Energia-analyysillä voidaan analysoida rakennuspaikkaan ja tonttiin liittyviä tekijöitä, sekä arvioida rakennuspaikkaan liittyviä rasitteita. Tarkempiin ympäristöanalyysihin, kuten meluanalyysihin, on omat ohjelmansa. Näiden ohjelmien käyttö ja tarvittava erikoisosaaminen on arvioitava kohdekohtaisesti.

Energia-analyysi tehdään usein koko rakennuksen kattavasti, mutta tarkemmat workplace-analyysit tehdään usein tiloittain. Toimistotilojen analyysissa voidaan esimerkiksi tarkastella tilojen käyttöasetta: kuinka suuri osa toimistosta on käytössä päivittäin ja minkä tilan käyttöaste on matala. Vaativissa ympäristöissä, kuten sairaaloissa, teollisuuskiinteistöissä ja tuotantotiloissa työtila-analyysien merkitys korostuu mm. työturvallisuuden ja riskienhallinnan osalta.

Oikeaoppisen mallinnuksen merkitys korostuu energia- ja olosuhdesimulaatioita tehdessä, esimerkiksi rakennuksen tulee olla oikein sijoitettuna ilmansuunnat huomioiden ja vyöhykkeiden tulee olla mallinnettu oikeita vyöhyketyyppejä käyttäen. Energia-analyysien tekoon liittyvät tarkennukset voidaan kirjata merkintä tietomallinnussuunnitelmaan. Tietomallista tuotettujen analyysien tekeminen kannattaa ajoittaa projektin loppuvaiheeseen, kun mahdollisimman moni suunnitteluratkaisu on lopullisessa muodossaan.



Gradlund Software <b>RIUSKA</b>		E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
		Asiakirja n:o			
		Projekti n:o			
		Viim. muutos	Pvm.	Laatija/Tark.	
		Laadittu			
Rakennuksen käyttötarkoitus	Liikerakennukset				
Rakennusvuosi	1961				
Lämmitetty nettoala	6 255,3	m <sup>2</sup>			
<b>Ilmanvuotoluku q50</b>	6,0	m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )			
<b>Rakennusvaipan umpiosat</b>	A	U	UA	%	
	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> ·K)	W/K		
Ulkoseinät	1466,2	0,81	1187,62	30,0	
Yläpohja	1513,8	0,47	711,49	18,0	
Alapohja	1542,2	0,47	724,83	18,3	
Ikkunat	547,0	2,10	1147,61	29,0	
Ulko-ovet	36,7	1,40	51,34	1,3	
Kulmäsillat			135,68	3,4	
<b>Ikkunat ilmansuunnittain</b>	A	U-lasiosa	U-ikkuna	g-arvo	
	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> ·K)	W/(m <sup>2</sup> ·K)	-	
Pohjoinen	167,6	1,97	2,07	0,62	
Koillinen	0,0	0,00	0,00	0,00	
Itä	109,8	1,97	2,13	0,62	
Kaakko	0,0	0,00	0,00	0,00	
Etelä	0,0	0,00	0,00	0,00	
Lounas	3,9	1,97	2,16	0,62	
Länsi	262,2	1,97	2,11	0,62	
Luode	3,5	1,97	2,10	0,62	
Kattoikkunat	0,0	0,00	0,00	0,00	
	547,0				
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>	Ilmavirta	Järjestelmän	LTO:n	Jäätymisen	
	tulo/poisto	SFP-luku	lämpötilasuh	esto	
	(m <sup>3</sup> /s)/(m <sup>3</sup> /s)	kW/(m <sup>3</sup> /s)	-	°C	
Erillispoistot	0,32	0,32	1,00	0	
1TK8	1,69	1,69	2,00	76	
1TK4	0,64	0,64	2,50	50	
1TK2	1,23	1,23	2,00	77	
1TK1	1,12	1,12	2,00	27	
1TK5	2,81	2,81	2,50	42	
1TK6	0,69	0,69	2,50	42	
1TK7	0,05	0,05	2,00	77	
1TK3	1,06	1,06	2,50	50	
Ilmanvaihtojärjestelmä	9,60	9,60	2,24	-25	
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>	Tuoton	Jaon ja luovut	Lämpökerto	Apulaitteiden	
	hyötysuhde	hyötysuhde	-	sähkönkäyttö <sup>1</sup>	
	-	-	-	W	
Tilojen ja IV:n lämmitys	0,97	1,00	0,00	0,0	
LKV:n valmistus	0,97	1,00	0,00	0,0	
<sup>1</sup> vuoden keskimääräinen lämpökertain lämpöpumpulle					
<sup>2</sup> lämpöpumpujärjestelmässä vaihtuva lämpöpumpun vuoden keskimääräinen lämpökertain					
<b>Jäähdytysjärjestelmä</b>	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -				
	3,00				
<b>LKV:n käyttö</b>	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·a)	ght. m <sup>3</sup> /a			
		0			
<b>Sisäiset lämpökuormat</b>	Ihmiset	Culuttajalaitte	Valaistus	Käyttöaste	
	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	-	
	2	1	19	1,0/1,0	



### 4.3 Havainnollistaminen

Tietomallinnusta ja visualisointia käytetään eri ratkaisujen analysointiin ja vertailuun. Investointikustannusten ja toimivuuden lisäksi tarkasteluun pyritään yleensä sisällyttämään elinkaarikustannukset ja ympäristövaikutukset, koska näiden vertailu simulointeja hyödyntäen on yksi keskeisistä integroitujen tilamallien hyödyistä. Havainnollistamiseen liittyvien tehtävien laajuus määritellään erikseen tietomallinnussuunnitelmassa.

#### 4.3.1 Hankesuunnitelman liitteenä käytettävät asiakirjat

Hankesuunnitelman ei tule antaa mielikuvaa tulevasta rakennuksesta (RTS 20:05 Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo ARK18 – B: Hankesuunnittelu). ARK-18 tehtäväluettelon mukaan hankesuunnitteluvaiheessa ei oteta kantaa valmiin rakennuksen ulkomuotoon, eivätkä pohjapiirrokset tilasuunnitelman pohjalta ole välttämättömiä. Tarvittavien tilojen laajuus ja käytettävyys kuvataan tilaluettelossa, tilakaavioissa, tilaohjelmassa, yhteyskaavioissa sekä pinta-ala- ja tilavuuslaskelmissa.

Hankesuunnitelmassa kuvataan kuitenkin alustavasti rakennuspaikalle sijoittuvat toiminnot, jotka esitetään asemapiirroksessa ja selostuksessa. Rakennuksen toiminnot ja logistiikka voidaan minimissään esittää perinteisen 2D-piirroksen muodossa, mutta selostuksen rooli on merkittävä suunnitelmien ymmärrettävyyden kannalta.

#### 4.3.2 Asemapiirroksen havainnollistaminen

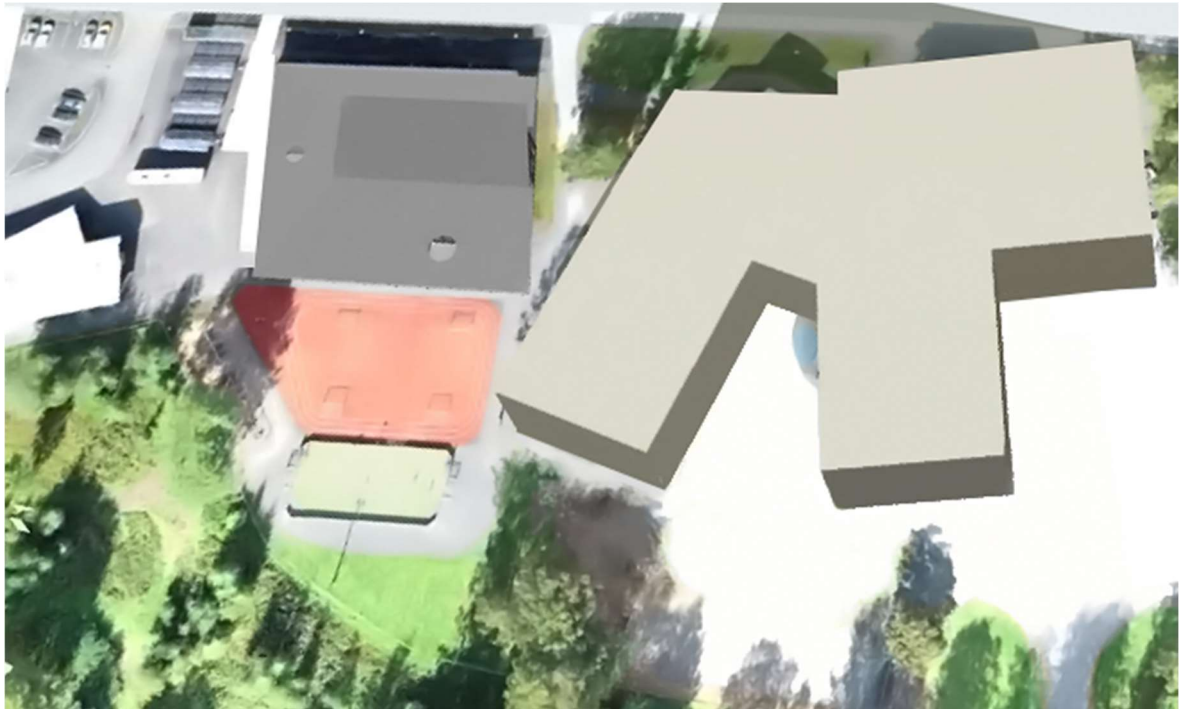
Hankesuunnitteluvaiheessa asemapiirroksessa kuvataan tontin ja piha-alueen toiminnot alustavasti. Asemapiirroksen hankesuunnitteluvaiheessa ei tarvitse vastata merkinnöiltään rakennuslupavaiheessa laadittavaa asemapiirrosta, vaan kaaviomaisempi lähestymistapa riittää.

Siilinlahden koulun hankesuunnitelmaa tehdessä asemapiirroksien yhteyteen sijoitettiin myös rakennuskohtaisia tilaluetteloja. Näin ollen käyttäjän ja tilaajan on helppo tunnistaa tilakohtaisten toimintojen sijoittuminen tontille. Saneerattavien ja uudisrakennusten merkintöjä haluttiin selkeyttää asemapiirroksessa. Asemapiirroksissa käytettiin punaista väriä kuvastamaan olemassa olevia, saneerattavia rakennuksia ja sinistä kuvastamaan uudisrakennuksia. Myös sisäänkäynnit merkittiin eri värein ja nimettiin sen mukaan, ketkä kutakin sisäänkäyntiä käyttävät. Näin ollen opettajien oli helpompi myös hahmottaa sisäänkäynneille jakaantuvia oppilasmääriä.

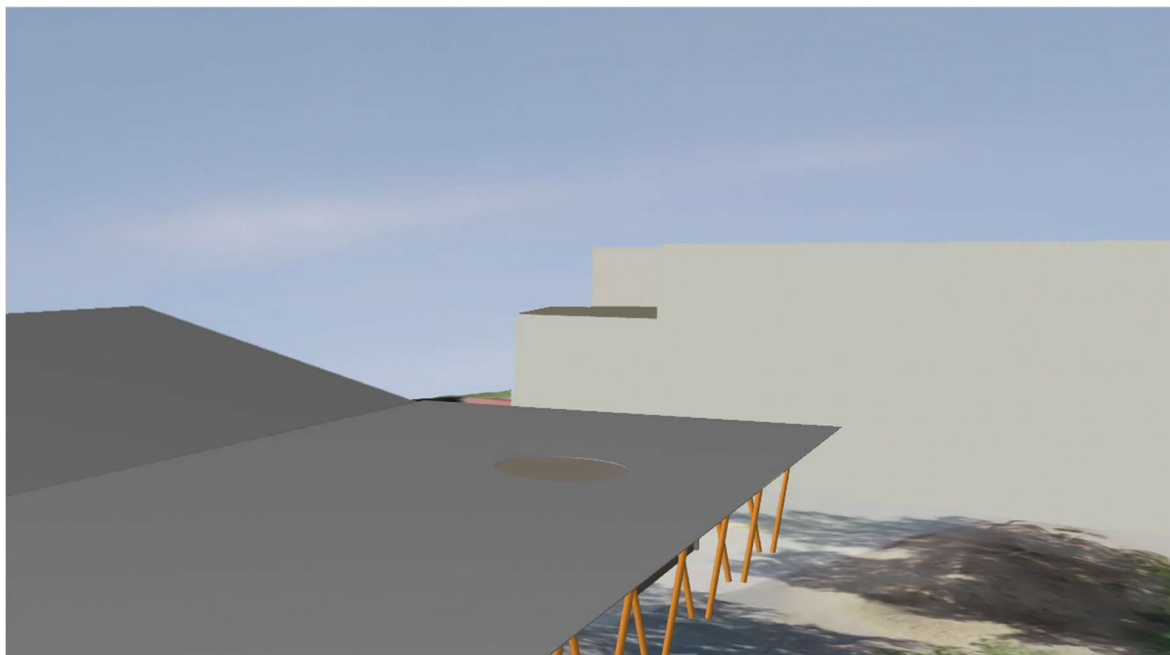
Oppilasliikennettä ja tontin logistiikkaa pyrittiin havainnollistamaan erilaisin piirustusmerkinnöin. Koulualueella on tärkeää, että ajoneuvoliikenne ja oppilaiden kävelyreitit risteäisivät mahdollisimman vähän. Havainnollistamalla alustavia reittejä, turvallisen pihan suunnittelu oli helpompaa. Iltakäytössä tapahtuva liikenne merkittiin tontille käyttäen eri värejä, jotta se olisi helppo erottaa koulupäivän aikana tapahtuvasta liikenteestä. Myös autopaikoitus päivä- ja iltakäytölle eriteltiin eri värein.

Maanmittauslaitoksen ilmakuvamateriaali on ilmaista ja arvokasta tietoa, joka helpottaa sekä suunnittelijan suunnittelutyötä, sekä tontin havainnollistamista suunnitelma-asiakirjoissa. Uudisvaihtoehdon maastomallin teimme laserkeilausaineiston ja tontin ilmakuvan perusteella. Näin ollen tietomallista tulostetussa asemapiirroksessa tontin ilmakuva näytettiin hämmönä asemapiirroksen taustalla. Otimme myös havainnekuvia lintuperspektiivistä.

Olevien rakennusten ja uuden rakennuskannan mitta- ja korkeussuhteet vaikuttavat merkittävästi kaupunkikuvaan ja ympäristön uuteen ilmeeseen. Rakennussuunnittelijan, joka tekee havainnekuvat kohteesta, on huomioitava realististen kuvakulmien lisäksi mm. varjot ja oikean elämän kuvakulmat, joista rakennukset havainnoidaan. Lintuperspektiivi on toimiva, kun esitetään koko tontin toimintoja ja rakennuksia, mutta rakennusmassat olisi myös hyvä esittää ”jalankulkijan” katselukorkeudelta. Siilinlahden koulun havainnekuvien tekemiseen käytettiin suunnitteluohjelmisto Archicadin lisäksi Photoshop Elements-kuvanmuokkausohjelmaa.



KUVA 21. Havainnekuva tontista ja sen olevista rakennuksista, sekä uudisrakennuksesta  
(Sitowise Oy: Herranen 24-08-2020)



KUVA 22. Havainnekuva tontista ja sen olevista rakennuksista, sekä uudisrakennuksesta  
(Sitowise Oy: Herranen 24-08-2020)

#### 4.3.3 Tilakaavioiden havainnollistaminen

Tilakaavioita voidaan muokata käyttäjäystävällisemmiksi useilla eri keinoilla. Ihmishahmon 2D-symboli auttaa hahmottamaan tilojen mittasuhteita. Erityisesti mitoituksellisesti haastaviin paikkoihin on hyvä lisätä 2D-symboli kuvastamaan ihmisen tilantarvetta kyseisessä tilassa. Myös tilassa käytettävät kiintokalusteet voidaan lisätä tilakaavioihin havainnollistamistarkoituksessa. Siilinlahden koulun uudisrakennusvaihtoehdossa lisättiin kengänsäilytystiloihin säilytyskalusteiden symbolit, sekä ihmishahmon symboleita havainnollistamaan tilan käytettävyyttä. Oppilaat saapuvat välitunneilta yhtä aikaa kengänsäilytystilaan, joten kalusteiden sijoittelu ja oppilaan vaativa tilantarve on hyvä esittää tilakaaviossa symbolimerkinä.

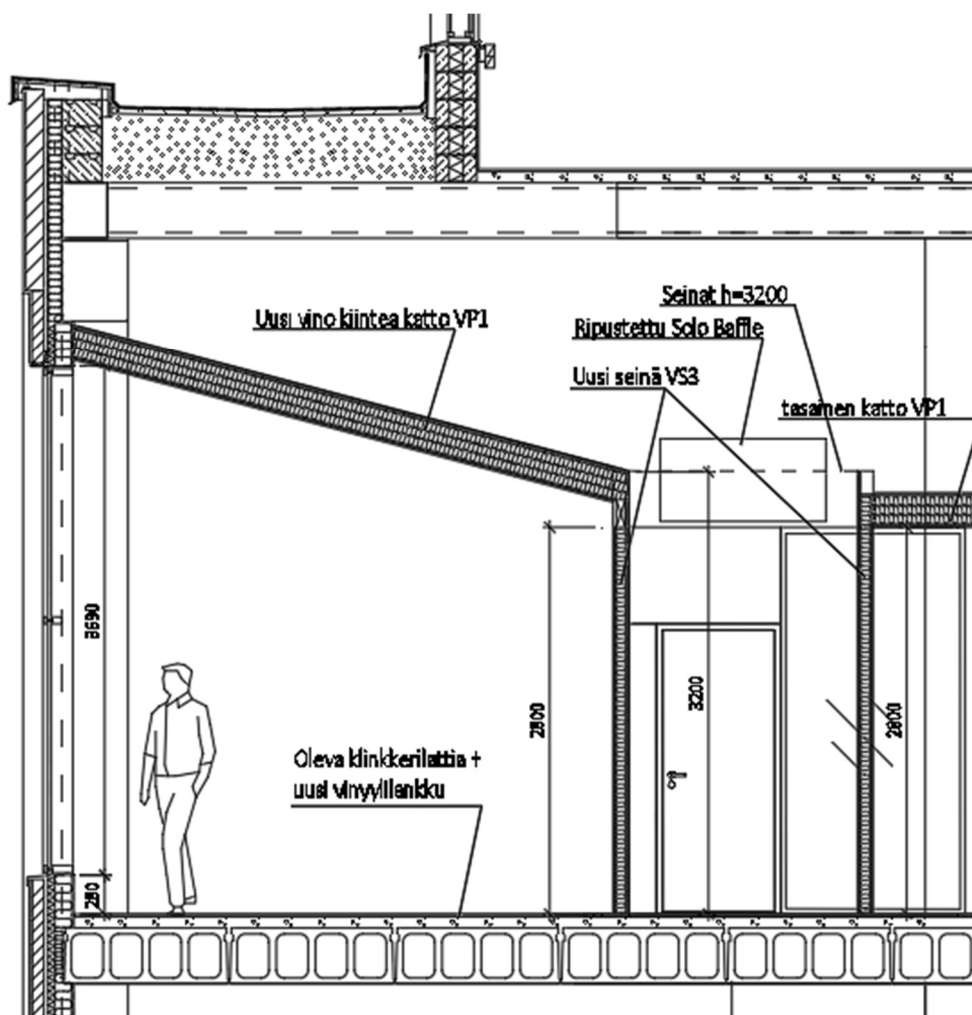
Tilan kannalta merkityksellisten irtokalusteiden sijoittelulla voidaan myös havainnollistaa tilan käytettävyyttä. Neuvotteluhuoneiden toiminnan kannalta tärkein kaluste on neuvottelupöytä, joten se sijoitettiin jokaiseen koulun neuvottelu- ja monitoimihuoneen tilakaavioon. Myös kenkiensäilytyskalusteen lisättiin kengänsäilytystiloihin, sillä se määrittää tilankäyttöä vahvasti kyseisessä tilassa.

#### 4.3.4 Tekninen havainnollistaminen

Teknisellä havainnollistamisella tarkoitetaan useimmiten eri suunnittelualojen suunnitteluratkaisujen havainnollistamista. Tämä havainnollistamisen muoto on tärkeää suunnitelmien ymmärtämisen ja yhteensovittamisen kannalta. Kun tietomallipohjaisten suunnitelmien yhteensovitusta tehdään esimerkiksi Solibri-ohjelmistoa käyttäen, saadaan useita havainnollisia näkymiä jo yhteensovituksen aikana. IFC-tiedostojen tulee olla suunnittelualasta riippumatta värikoodattuja rakennusosittain, jotta eri rakennusosat voidaan jo visuaalisen havainnoinnin kautta erotella toisistaan.

2D-tiedostoja voidaan myös havainnollistaa teknistä havainnollistamista käyttäen. Esimerkiksi rakenteiden havainnollistaminen on yksi teknisen havainnollistamisen keino, jota voidaan käyttää hyvin sekä tietomallipohjaisessa, että 2D- suunnittelussa.

Usein suunnittelijat kommunikoivat havainnollistamisen keinoin projektin aikana. Hyvin yleinen tapa on jakaa esimerkiksi kuvankaappauksia omista suunnitelmista toiselle osapuolelle ja käyttää niissä eri näkymiä ja esitystapoja. Useimmiten näissä tilanteissa ei ole tarpeen käyttää virallisia merkintöjä tai mittakaavoja, sillä projektin osapuolet osaavat havainnoida olennaisia asioita myös yksinkertaisimmista esityksistä.

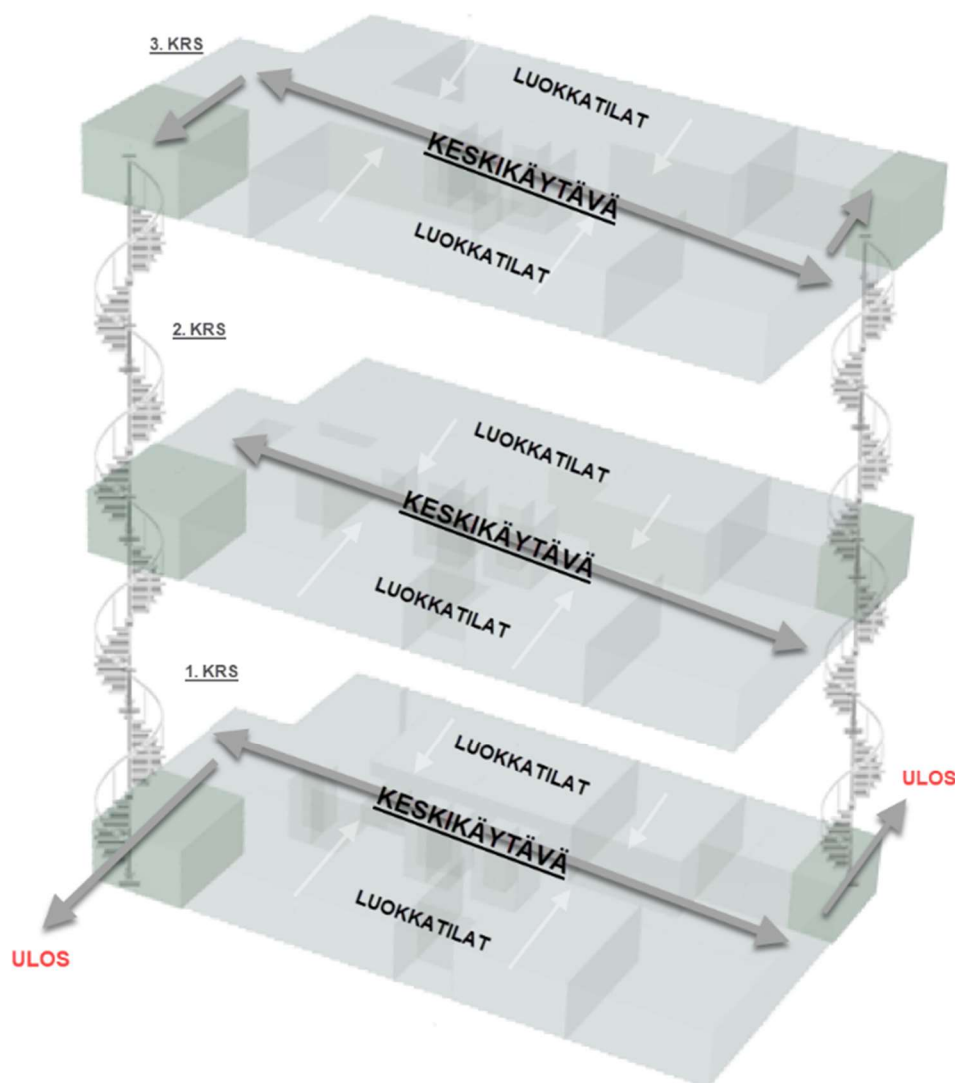


KUVA 23. 2D-leikkauskuvan teknistä havainnollistamista (Sitowise Oy: Herranen 10-09-2021)

## 4.3.5 Tilojen havainnollistaminen tietomallista

Mallia voidaan myös suoraan hyödyntää kohteen havainnollistamisessa visualisointikuvien, animaatioiden tai virtuaalimallien pohjatietona (Rajala 2019). Tiloja voidaan havainnollistaa rakennuksesta esimerkiksi huonetiloittain, lohkoittain tai kerroksittain. Joskus halutaan esittää koko rakennusmassa havainnollistettuna samassa asiakirjassa. Kokonaiskuvan rakennuksesta saa havainnollistettua usein parhaiten 3D-leikkausten avulla. Silloin pohjapiirros ja tilojen mittasuhteet käyvät ilmi moniulotteisesta kuvasta.

Tilojen toimintoihin liittyvä havainnollistaminen on erityisen tärkeää suunnitelmien ymmärrettävyyden, sekä käyttäjien kanssa kommunikoinnin ja suunnittelunohjauksen kannalta. Jo alustavista suunnitelmista voidaan havainnollistaa mm. tontin logistiikkaan ja liikenteeseen liittyviä reittejä, ihmisvirtojen suuntia julkisissa rakennuksissa tai esimerkiksi poistumisteihin liittyviä kulkuväyliä.



KUVA 24. Poistumisteiden havainnollistamista (Sitowise Oy: Herranen 24-08-2020)

Rakennuspaikkoihin liittyviä olosuhteita voidaan myös havainnollistaa esimerkiksi aurinkoanalyysien avulla. Mallinnusohjelmissa voidaan valita eri asetuksia analyysia varten, kuten määrittää oikea ilmansuunta, vuorokaudenaika ja tontin oikea maantieteellinen sijainti. Luonnonvalon vaikutusta kannattaa analysoida ja havainnollistaa sekä sisä- että ulkotilojen osilta. Osa mallinnusohjelmista tukee myös muita olosuhdeanalyysijä, kuten sateen ja tuuleen liittyvien rasitteiden osalta.



KUVA 25. Havainnekuva aurinkoanalyysistä (Sitowise Oy: Herranen 10-10-2021)

#### 4.3.6 Havainnollistaminen – ketä varten sitä tehdään?

Havainnollistamisen lähtökohtana on aina suunnitelmien ”avaaminen” toiselle osapuolelle. Havainnollistamisen keinoja valitessa tulee huomioida, kuka toinen osapuoli on ja millaisia erityistarpeita hänellä on havainnollistamiseen liittyen. Jos kyseessä on tekninen havainnollistaminen kollegalle tai markkinointiaineisto julkaisuihin, eri asiat asiakirjoissa saavat painoarvoa.

Käyttäjälle ja tilaajalle pyritään saamaan mahdollisimman realistinen kuva tulevasta rakennuksesta. Näin ollen suunnitteluprosessin aikana mahdolliset ongelmakohdat nousevat esille ja rakennus vastaa tulevaisuudessa käyttäjänsä tarpeita paremmin. Tilaaja ja käyttäjä ovat myös usein luottavampia hankkeen suhteen, kun tietävät tarkalleen mihin suuntaan suunnitteluprosessi etenee ja voivat jo luoda mielikuvia tulevasta rakennuksesta.

Jossain tilanteissa suunnitteluratkaisuja havainnollistetaan myös viranomaisille. Esimerkiksi suojelulle alueelle suunnitellusta rakennuksesta voidaan ottaa visualisointikuvia ja muita havainnollistavia asiakirjoja, jotta rakennuksen sopivuutta ympäristöön voidaan arvioida paremmin.

Markkinointiaineistossa käytettävissä visualisoinneissa korostuu suunnittelijan eettinen vastuu tuotetuista asiakirjoista. Kuvakulmilla, valotuksella, pintamateriaalivalinnoilla ja kuvanmuokkauksella on

suuri vaikutus siihen, miltä tuleva rakennus saadaan aineistossa näyttämään. Asuintuotannossa asuntoja myydään usein ennen valmistumista ja ostajan mielikuva uudesta asunnosta muodostuu usein havainnekuvien perusteella. Olisi hyvin tärkeää, että ostaja, tilaajatahot ja käyttäjät saisivat mahdollisimman totuudenmukaisen kuvan tulevasta rakennuksesta ja suunnittelijan vastuulla on pitää sen toteutumisesta huolta.

## 5 TULOKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia keinoja, joiden avulla voidaan hyödyntää tietomallinnusta mahdollisimman kattavasti ja tehokkaasti hankesuunnitteluvaiheessa. Laserkeilausaineiston käyttömahdollisuuksia tutkittiin maaston mallinnuksen osalta. Tietomallille löydettiin useita eri käyttötapauksia ja niihin liittyvään teoriaan syvennyttiin YTV:n ja muiden julkaisujen avulla. Opinnäytetyön kirjoitusprosessin aikana laadittiin ohjelmainen esitys maastomallin tekemisestä laserkeilausaineiston avulla.

Oma osaaminen kehittyi erityisesti YTV:tä lukiessa ja siihen syventyessä. Tietomallin eri käyttötapauksien oikeaoppinen nimeäminen ja niiden erityispiirteet tulivat opinnäytetyöprosessin aikana tutuiksi. Tietomallin käyttötapauksista erityisesti havainnollistamiseen liittyviä keinoja löydettiin monipuolisesti. Näin ollen suunnitelma-asiakirjoja saadaan kehitettyä jatkossa entistä käyttäjä-ystävällisempään suuntaan.

Havainnolliset ja helposti ymmärrettävät suunnitelma-asiakirjat tukevat päätöksentekoprosessia. Koulurakennusten investointipäätös tehdään useimmiten hankesuunnitteluvaiheen päätyttyä, joten kyseisessä vaiheessa tuotettu tieto on hankkeen toteutumisen kannalta hyvin olennaisessa roolissa. Suunnittelijan on mietittävä, mitä tietoa on tarkoituksenmukaista tuottaa tietomallista hankesuunnitteluvaiheessa ja huomioida sen vaikutukset myös päätöksentekoon.

Opinnäytetyössä löydettiin paljon mahdollisuuksia, kuinka tietomallinnusta voidaan käyttää hankesuunnitteluvaiheessa, mutta mallin hyödyntämisessä havaittiin myös tiettyjä rajoitteita. Hankesuunnitteluvaiheessa tietomalli on vasta alustava esitys rakennuksesta ja tietyt suunnitteluratkaisut ovat vielä tarkentamatta. Esimerkiksi energia-analyysit voivat olla haastavia hankesuunnitteluvaiheessa, sillä esimerkiksi rakennusmateriaalit, aukotuksen pinta-alat ja ilmanvaihtoratkaisut voivat olla vielä määrittämättä.

Hankesuunnittelun tietomallinnusta puoltaa myös tietomallin jatkokäyttö. Kun rakennus mallinnetaan jo suunnittelun alkuvaiheessa, se on sisältää paljon olennaista tietoa jatkosuunnittelun kannalta. Hankesuunnittelun jälkeen, rakennussuunnitteluvaiheessa, suunnittelija voi hyödyntää tietomallia useilla tavoilla ja esimerkiksi maastomalli on jo valmiina. Ideaalitulanteessa hankesuunnitteluvaiheen tietomalli jatkojalostuu tulevien suunnitteluvaiheiden kautta ylläpitovaiheessa hyödynnettäväksi tietomalliksi, joka toimii mm. huollon apuvälineenä.

Oikeaoppinen tietomallinnus tehostaa alustavaa suunnittelua. Tilaohjelma, joka on yksi tärkeimmistä hankesuunnitteluvaiheen suunnitelma-asiakirjoista, saadaan myös tuotettua tietomallista helposti. Tietomallipohjainen tilaohjelma, joka päivittyy reaaliajassa tilojen myötä, on aina ajan tasalla ja säästää suunnittelijan aikaa, kun taulukkoa ei tarvitse päivittää manuaalisesti.



Jatkossa olisi kiinnostavaa päästä hyödyntämään toisen suunnittelijan laatimaa hankesuunnitteluvaiheen tietomallia rakennussuunnitteluvaiheessa. Olisi mielenkiintoista tarkastella tietomallia suunnittelun seuraavassa vaiheessa: onko hankesuunnittelun aikainen tietomalli hyödyllinen ja kuinka paljon tilaajan vaatimukset hankesuunnitteluvaiheesta ovat muuttuneet. Joissain tapauksissa, kun hankesuunnittelu- ja rakennussuunnitteluvaiheen välillä kuluu paljon aikaa, hankesuunnittelun tietomalli ei ole enää ajan tasalla. Koulukohteissa esimerkiksi oppilasmäärän muuttuminen vaikuttaa siihen, onko hankesuunnitteluvaiheen tietomallin sisältämä tieto enää rakennussuunnitteluvaiheessa käyttökelpoista.

Opinnäytetyö antoi hyvät edellytykset tarkastella omia, sekä toisten suunnittelijoiden laatimia tietomalleja kriittisesti ja ratkaisukeskeisesti. Tulevien projektien myötä erityisesti tietomallin vaiheistus ja jatkokäyttö olisi aihe, johon olisi mielenkiintoista syventyä tarkemmin ja joka jäi tämän opinnäytetyön aiheajauksen ulkopuolelle.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT:

Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo ARK18. RT 103253 [verkkoaineisto]. Helsinki: Rakennustieto Oy [viitattu 2020-01-12]. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103253>

BuildingSMART Finland. Yleiset tietomalli vaatimukset YTV2012: Osa 2 Lähtötilanteen mallinnus. [verkkoaineisto]. Saatavissa: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_2\\_lahtotilanne.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_2_lahtotilanne.pdf).

BuildingSMART Finland. Yleiset tietomalli vaatimukset YTV2012: Osa 3 Arkkitehtisuunnittelu. [verkkoaineisto]. Saatavissa: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_3\\_ark.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_3_ark.pdf).

BuildingSMART Finland. Yleiset tietomalli vaatimukset YTV2012: Osa 10 Energia-analyysit. [verkkoaineisto]. Saatavissa: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_10\\_energia-analyysit.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_10_energia-analyysit.pdf).

JUNTTILA, Samuli 2019-10-25. Monikanavainen laserkeilaus mullistaa metsänhoidon [digikuva]. op-media.fi [verkkajulkaisu].

Maanmittauslaitos. Laserkeilausaineisto 0,5 p [verkkoaineisto]. [viitattu 2020-12-09]. Saatavissa: <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/laserkeilausaineisto-05-p>.

MATTILA, Arto 2018. Siilinlahden koulun rakennushistoriallinen selvitys. Kuopio. Arkkitehtitoimisto Arto Mattila Oy.

Mirco Aided Design. ED Energia-analyysi [verkkoaineisto]. [viitattu 2021-09-09]. Saatavissa: <https://docplayer.fi/1184368-Archicad-mallinnusympariston-osaksi-tullut-energia-arvio.html>

PENTTILÄ, Hannu. Rakennushankkeen osapuolten vaatimukset tietomalleille. [viitattu 2021-01-28]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090202.pdf>.

RAJALA, Marko. Laserkeilausmittaus ja rakennuksen inventointimalli. [verkkoaineisto] [viitattu 2020-09-30]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090701.pdf>.