



Jaakko Puukko

# Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvontamittauksissa Helsingin maastomittausyksikössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

23.9.2022

# Tiivistelmä

Tekijä:	Jaakko Puukko
Otsikko:	Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvontamittauksissa Helsingin maastomittausyksikössä
Sivumäärä:	52 sivua
Aika:	23.9.2022
Tutkinto:	insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma:	maanmittaustekniikka
Ohjaajat:	lehtori Ilkka Partonen maastomittausyksikön päällikkö, Simo Gröhn

---

Tämän työn tarkoituksena oli löytää tapoja, kuinka tietomalleja voitaisiin käyttää rakennus-valvontamittauksissa sekä rakennuslupahankkeiden lausunnoissa. Projekti sai alkunsa, kun tietomallien tuloon ei ollut varauduttu käytännön tasolla. Helsingin kaupungin maastomittausyksikkö tekee sijaintilausuntoja rakennusvalvonnalle sekä suorittaa rakennusvalvontamittauksia.

Työssä peilataan yleisiä tietomallivaatimuksia siihen, miten rakennuslupahanke voisi mennä läpi maastomittausyksikön näkökulmasta. Työ aloitettiin tutkimalla käytössä olevia ohjelmistoja, eli mitä oli mahdollista tehdä ilman ohjelmistohankintoja. Tämän jälkeen tutustuttiin uusiin ohjelmiin, jotta saatiin selville sopivimmat ohjelmat prosessin uudistamiseen.

Lisäksi perehdyttiin tietomallipohjaiseen mittaamiseen Trimblen TSC7-maastotietokoneella. Tässä selvitettiin oleelliset toiminnot maastotietokoneella rakennuksen mittaukseen suoraan tietomallista. Lopuksi tehtiin ohjeet tietomallin siirtämisestä todelliseen sijaintiin sekä rakennusalueiden mallintamisesta 3d-muotoon. Tuotoksena syntyi tapoja rakennuslupahankkeen läpiviemiseksi tietomallipohjaisesti.

Avainsanat: tietomalli, rakennusvalvontamittaus

## Abstract

Author: Jaakko Puukko  
Title: Utilizing BIM for Building Permit Survey  
Number of Pages: 52 pages  
Date: 23 September 2022

Degree: Master of Engineering  
Degree Programme: Land Surveying  
Supervisors: Ilkka Partonen, Senior Lecturer  
Simo Gröhn, Head of Land surveying unit

---

The purpose of this final year project was to find out how to implement IFC files as part of a building permit. The study focused on finding programs and developing workflows for handling IFC files. Another purpose was to find ways to make building permit process smoother by exploring what parts of the process could be automated.

The project was executed by trial and error. In order to find suitable programs for the process, programs were studied. Key features of the programs were explored. The goal was to find a program that could be easily implemented as part of the building permit process. After finding the right programs, example workflows for the chosen programs were created.

As a product of this project, suitable programs for handling IFC files were found and workflows for those programs were created. The process was successful by ensuring ways to handle IFC files as a part of building permit. On top of that some parts of the process were discovered suitable for automatization

Keywords: BIM, building permit, surveying

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Taustaa	2
2.1	Ryhti-hanke	2
2.2	Helsingin maastomittausyksikkö	3
2.3	Buildingsmart Finland	3
3	Yleiset tietomallivaatimukset	4
3.1	Yleinen osuus	4
3.2	Lähtötilanteen mallinnus	5
3.3	Tietomallien käyttö rakennusvalvonnassa	6
3.4	Vastinpisteet ja Helmert-periaate	8
4	Rakennuslupaprosessi ennen tietomallien käyttöä	10
4.1	Suunnittelun pohjatiedot	10
4.2	Sijaintilausunto	10
4.3	Maastoonmerkintä	11
4.4	Sijaintikatselmus	13
5	Rakennuslupaprosessi tietomalleja hyödyntäen	15
5.1	Sijaintilausunto	15
5.2	Maastoonmerkintä	18
5.3	Sijaintikatselmus	19
6	Tietomallipohjainen mittaaminen	22
6.1	Tietomallin käsittely mittausta varten	22
6.2	Mittaus IFC-mallista TSC7-maastotietokoneella	24
7	Ohjelmien tutkinta	29
7.1.1	Tekla Structures	29
7.1.2	Simplebim	30
7.1.3	Archicad	31
7.1.4	Trimble Business Center	32

7.1.5	Blender	32
7.1.6	Solibri	33
7.1.7	Trimble Connect	34
8	Rakennuslupaprosessi tietomallipohjaisesti	35
8.1	Sova3D	35
8.2	Sijaintilausunto, maastoonmerkintä ja sijaintikatselmus	37
8.3	Prosessin kulku tietomallipohjaisesti	38
9	Tietomallin käsittelyesimerkkejä	39
9.1	IFC-mallin siirto	39
9.2	Rakennusalueen mallintaminen IFC-muotoon	44
10	Yhteenveto	47
10.1	Ohjelmien valinta ja kommentit	47
10.2	Hyötyjä ja ongelmia	47
10.3	Edellytyksiä ja jatkotutkimuksia	49
10.4	Oma työskentely	49
	Lähteet	51

## Lyhenteet

IFC: Industry foundation classes, tietomalliformaatti

Rytj; Rakennetun ympäristön tietojärjestelmä, Järjestelmässä on koottuna rakennetun ympäristön tiedot yhdessä paikassa

YTV2012: *Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Buildingsmart Finland:in tietomalliohjeistus*

## 1 Johdanto

Rakennusala on kovaa vauhtia digitalisoitumassa, ja moni asia muuttuu sen seurauksena. Rakennushankkeiden tiedot on esitetty pitkään hajanaisella ja epäyhtenäisellä tavalla. Tämä aiheuttaa sekavuutta tiedonkulkuun. Ratkaisuksi on kehitelty tietomallit, jotka tulevaisuudessa muodostaisivat rakennetun ympäristön tietojärjestelmän.

Rakennusalan digitalisaation seurauksena myös rakennuslupahankkeiden käytännöt muuttuvat. Rakennuslupien suunnitelmakuvat ovat pääasiassa pdf-kuvia, joiden tiedonvälityskyky on kuitenkin rajallinen. Pdf-kuvilla on työlästä kuvata kolmiulotteisia kohteita, ja lisäksi niistä saatava tieto ei ole suoraan hyödynnettävissä. Pdf-kuvissa oleva tieto vaatii aina tulkintaa ja kääntämistä hyödynnettävään muotoon. Vuorostaan tietomallit ovat huomattavasti havainnollisempia kuvaamaan kolmiulotteisia kohteita. Lisäksi tietomallien tietoa pystyy käyttämään sellaisenaan hyödyksi. Tämän vuoksi rakennuslupahankkeiden liitteiksi lisätään suunnitelmista tietomalleilla, jolloin tieto on helposti hahmotettavassa muodossa ja helposti saatavilla hankkeen osallisille.

Tarve tähän työhön syntyi, kun huomattiin, ettei tietomallien tuloon ollut varauduttu käytännön tasolla. Toisin sanoen on mietittävä millä ohjelmistoilla rakennuksen mitoituksia tulnaisiin tarkastelemaan ja miten rakennusten sijainti siirretäisiin maastoon ja sieltä osaksi rakennettua tietojärjestelmää tietomalleja hyödyntäen. Tämä työ keskittyy siihen, miten tietomallipohjainen rakennuslupa olisi mahdollista toteuttaa mittauksen näkökulmasta.

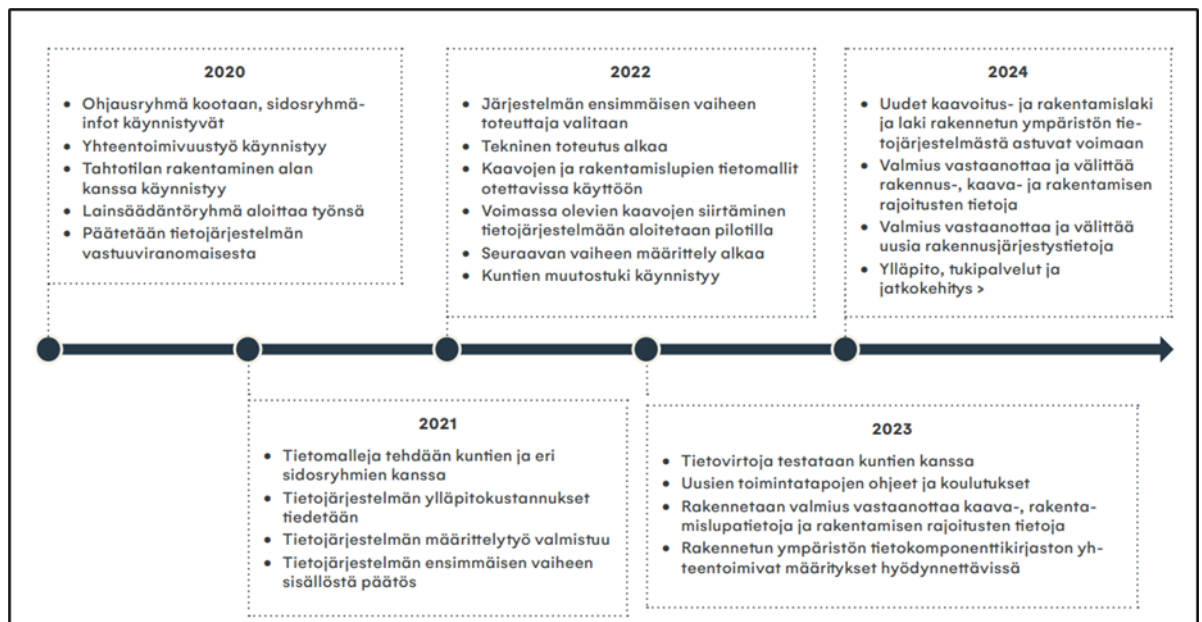
Työn tarkoituksena on luoda toimiva prosessikokonaisuus, joka mahdollistaisi tietomallipohjaisen käsittelyn. Työ sisältää ohjeita, joiden avulla rakennuslupahanke suoritetaan tietomalleja hyödyntäen niin, että prosessi olisi mahdollisimman yksinkertainen.

## 2 Taustaa

Kun käytäntöjä ja uudistuksia syntyy, tulee tarve päivittää toimintatapoja. Rakennusala on pitkään ollut seisahtuneessa tilassa. Kuitenkin viime aikoina on alkanut keskustelu siitä, voitaisiinko asiat hoitaa sujuvammin samalla vähentäen virheitä.

### 2.1 Ryhti-hanke

Rakennusallalla havahduttiin, että rakennetun ympäristön tieto on hajallaan ja vaikeasti saatavilla. Ryhti-hanke on tarkoitus saada päätökseen vuonna 2024 (kuva 1). Huomattiin myös, että tieto oli epäyhtenäisesti esitetty. Näitä puutteita paikkaamaan käynnistettiin Ryhti-hanke. Ympäristöministeriön ja Suomen ympäristökeskuksen Ryhti-hankkeessa ovat mukana kunnat, kiinteistö- ja rakennusalan toimijat, järjestöt, tietojärjestelmätoimittajat, aluehallinto sekä keskeiset ministeriöt ja virastot. Osana Ryhti-hanketta on päätetty luoda rakennetun ympäristön tietojärjestelmä (Rytj). Tässä järjestelmässä kaiken tiedon on tarkoitus olla samassa paikassa ja yhtenäisessä muodossa. Tarkoituksena on helpottaa tiedon saatavuutta ja käytettävyyttä. [1.]

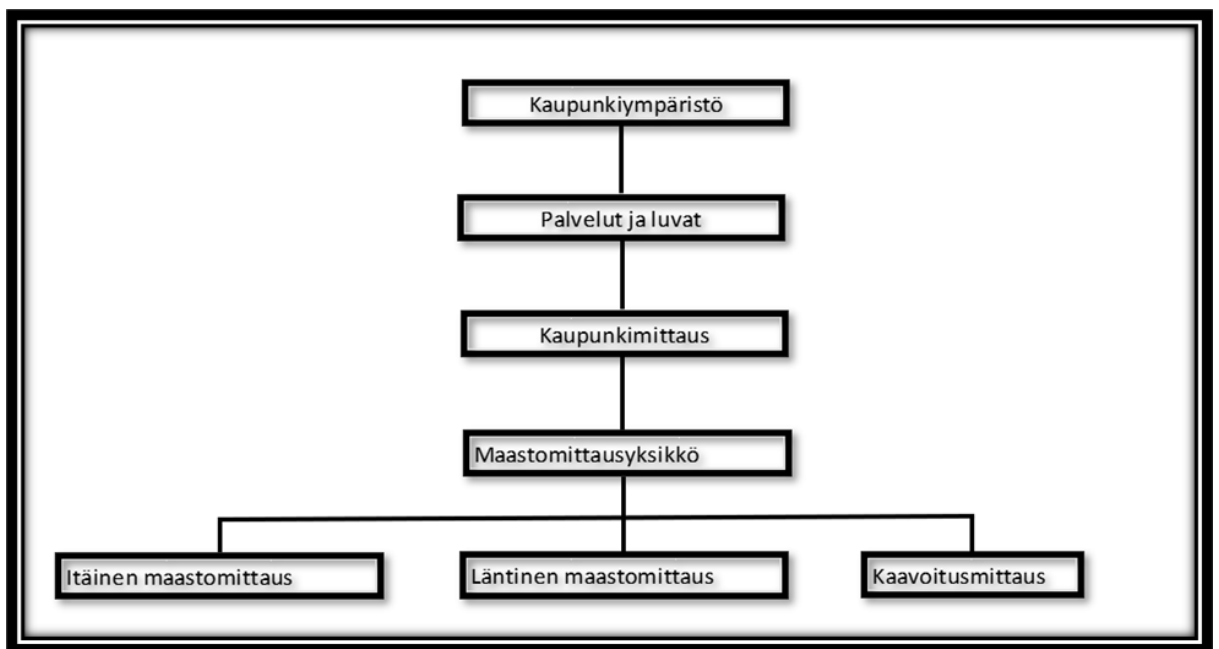


Kuva 1. Ryhti-hankkeen eteneminen [2].



## 2.2 Helsingin maastomittausyksikkö

Kaupunkiympäristön toimialalla, palvelut ja luvat kokonaisuuden alla toimii kaupunkimittaus. Kaupunkimittauksen alla toimii maastomittausyksikkö. Maastomittausyksikkö suorittaa rakennusvalvontamittauksia eli rakennuksien maastoonmerkkintöjä ja sijaintikatselmuksia. Maastomittausyksikkö suorittaa lisäksi tontin lohkomisen maastotöitä, rajannäyttöjä ja antaa tarvittaessa sijaintilausuntoja rakennusvalvonnalle rakennushankkeisiin liittyen.



Kuva 2. Helsingin maastomittausyksikön sijainti organisaatiossa

## 2.3 Buildingsmart Finland

Buildingsmart Finland on tietomallintamisen yhteistyöfoorumi, jonka tavoitteena on levittää tietoa tietomallintamisesta, auttaa tietomallintamisessa ja osallistua tietomallintamisen standardien kehittämiseen. Foorumissa ovat mukana; urakoitsijat, suunnittelijat, rakennusalan yritykset, yliopistot, korkeakoulut ja ohjelmistotalot. [3]

### 3 Yleiset tietomallivaatimukset

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV 2012) on 14-osainen standardijulkaisu, joka määrittelee tietomallintamisen yhdenmukaiset ohjeet. Osat 1–9 valmistuivat vuonna 2012 ja osat 10–14 myöhemmin lisäpäivityksenä. Tässä työssä osat 1, 2 ja 14 tulevat tarkempaan tarkasteluun. [4.]

Osa 1 käsittelee julkaisusarjan yleisiä asioita ja osa 2 lähtötilanteen mallinnusta. Lähtötilanteen mallinnus tulee tarkasteluun kantakartan päivityksen myötä. Osa 14 kertoo yksityiskohtaisemmin, kuinka tietomalleja hyödynnetään rakennusvalvonnassa. Tässä on kerrottu esimerkiksi vastuualueista, ja siitä, millaista sisältöä rakennushankkeiden liitteinä oleviin tietomalleihin vaaditaan. [4.]

#### 3.1 Yleinen osuus

Yleisessä osuudessa on listattu tietomallintamisen päätavoitteita. Tietomalleilla pyritään tukemaan ja tehostamaan rakennusten suunnittelua sekä rakentamista. Tietomalleja pyritään myös hyödyntämään myös rakennuksen ylläpidossa. Toisin sanoen tietomalleja voi hyödyntää koko rakennuksen elinkaaren ajan. [5.]

Tietomallit mahdollistavat esimerkiksi:

- investointipäätöksien tuen vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia
- energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseurantaa varten
- suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden analysoimisen
- laadunvarmistuksen, tiedonsiirron parantamisen ja suunnitteluprosessin tehostamisen
- rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa [5].

Erityisiä hyötyjä rakennuslupaprosessin kannalta ovat suunnitelmien havainnollistaminen ja tiedonsiirron parantuminen. Rakennuksien ulkomuotoja tai ulottuvuuksia voi olla hankala hahmottaa. Esimerkiksi alemmassa kerroksessa

olevan pysäköintihallin sijoittuminen suhteessa ylempiin kerroksiin tulee huomattavasti havainnollisemmaksi tietomallilla kuin kahdella pdf-pohjakuvalla, jolloin sijoittuminen on pääteltävä mittojen avulla.

Yleisessä osuudessa on myös todettu, että mallit eivät korvaa muita perinteisiä dokumentteja, vaan niitä tuotetaan edelleen tietomallihankkeessa tietomallin rinnalla. Julkisissa hankkeissa on käytettävä vähintään IFC 2x3 sertifioituja ohjelmia. [5.]

Tässä osassa on myös määritetty, että hankkeen mallin projektikoordinaatiston tulee olla positiivisessa koordinaatistossa ja hankkeen rakennuksen mahdollisimman lähellä origoa. Suunnitteluohjelmistot eivät aina pysty käsittelemään suuria koordinaatteja, ja negatiiviset koordinaatit voivat aiheuttaa helposti väärinkäsityksiä. Tämän vuoksi yhtenäinen määrittely projektikoordinaatistolle on järkevää. Hankkeen sijainti suhteessa kunnan koordinaatistoon tulee dokumentoida vastinpisteiden avulla, jotta hanke on mahdollista sijoittaa maastoon rakentamisen aloitusvaiheessa. On myös mahdollista ilmoittaa vastinpiste ja kiertokulma projektikoordinaatiston ja kunnan koordinaatiston välille [5.]

Kiertokulma ja vastinpiste on joka tapauksessa aina epätarkempi vaihtoehto, ja aiheuttaa helposti sijainnin vääristymää, mikäli kiertokulmaa ei ilmoiteta riittäväällä tarkkuudella. Hanke tulee mallintaa aina todelliseen korkeuteen (mittayksikkönä metri ja senttimetrin tarkkuudella), ja hankkeen rakenteiden mittayksikkönä käytetään millimetriä. Tontin malli on tehtävä samaan koordinaatistoon kuin rakennuksen malli (rakennuksen malli tulisi mallintaa todelliseen sijaintiin), koska muuten rakennuksen sijainti suhteessa tonttiin ei selviä. [5.]

### 3.2 Lähtötilanteen mallinnus

Lähtötilanteen mallinnuksen osiossa määritellään, että tontti tai alueosat tulee mallintaa vähintään kolmiulotteisena pintamallina. Lisäksi ohjataan lisäämään malliin juridisesti tai teknisesti tärkeitä pisteitä kuten rajapisteitä tai kaivoja. Suositeltavaa on lisätä malliin myös lähirakennuksia tai katualueita aina hankkeelle tarkoituksenmukaisessa laajuudessa. [6.]

Tietomallin luotettavuuden toteamiseksi, siitä on laadittava tietomalliselostus. Tietomalliselostus helpottaa mallin käyttöä jatkossa. Selosteeseen dokumentoidaan seuraavia asioita:

- mittausmenetelmät, tarkkuus ja ajankohta
- poikkeamat mittausmäärittelystä
- lähtötietojen alkuperä
- käytetyt ohjelmistot
- koordinaatisto, koordinaatiston vastinpisteet ja kerrostiedot
- tiedostojen ja rakennusosien nimeämiskäytännöt
- mallissa käytetyt tasot
- poikkeamat määrittelystä mallinnuskäytännöstä
- lähtötietomallin tarkastuslomake (liite 3)
- muu mittauksessa saatu materiaali. [6.]

Lähtötilanteen mittauksista voidaan suorittaa kolmessa eri tarkkuustasossa. Taso 1:ssä voidaan tehdä täydentäviä mittauksia, eli lähinnä tarkastaa rakenteiden välisiä etäisyyksiä pohjautuen vanhoihin piirustuksiin. Mittojen avulla ei voi varsinaisesti tehdä inventointimalleja. Taso 1:n mittaukset suoritetaan laseretäisyysmittarilla. [6.]

Taso 2 koostuu takymetrillä tehtävistä mittauksista. Takymetrillä voidaan mitata geometrisesti yksinkertaisia kohteita. Mittaukset kuvataan viivoin ja pistein. Tarkkuusvaatimuksena takymetrillä tehtäville mittauksille on esitetty, että mittapisteiden poikkeama tulisi olla alle 5 millimetriä. [6.]

Taso 3 on tarkin mittausluokka, ja siinä mitataan laserkeilaamalla. Tarkkuusvaatimuksena on esitetty, että kohinan tulisi olla 10 millimetriä ja mittapisteiden tiheys alle 5 millimetriä. Hankalasti mitattavista paikoista on sallittua täydentää mallia esimerkiksi fotogrammetrian tai takymetrin avulla. [6.]

### 3.3 Tietomallien käyttö rakennusvalvonnassa

YTV:n osassa 14 on määritetty tietomallien hyödyntämistä rakennusvalvonnassa. Tässä osassa kerrotaan, että tarkoituksena olisi tallentaa hankkeen

tiedot sähköiselle työpöydälle ja nimetä hankkeelle osapuolet rooleittain. Tavoitteena olisi, että rakennusvalvonnassa toteutuisi normaalitason vaatimukset jokaisessa hankkeessa. Erityistason vaatimukset tulisivat kysymykseen aina tapauskohtaisesti. [7.]

Normaalitason vaatimukset määritellään seuraavasti:

- Normaalitason tiedolla tarkoitetaan sellaista tietoa, joka voidaan lukea luotettavasti ohjelmallisesti suoraan mallista ilman ihmisen tekemää tulkintaa.
- Tällaisia tietoja ovat mm. vakiomuotoiset metatiedot, mallin korko-asetat, tilojen käyttötarkoitukset ja pinta-alat.
- Kun vaatimuksena on normaalitaso, kaikkien sen tason vaatimusten tulee täytyä. [7.]

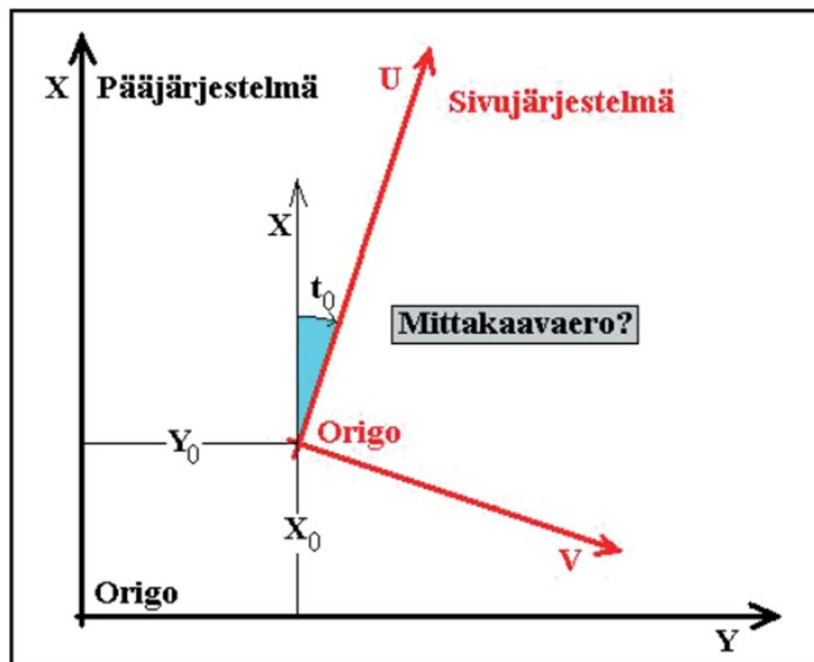
Erityistason vaatimukset ovat seuraavanlaiset:

- Erityistasolla tarkoitetaan sellaista mallista luettavaa tietoa, jonka lukemisessa tarvitaan ihmisen tekemää tulkintaa.
- Tällaisia tietoja ovat mm. rakennetyypit ja niiden sisältö, poistumistie- ja esteettömyysvaatimusten toteutuminen ja rakennuksen esteettiset ominaisuudet.
- Erityistason vaatimuksille ei välttämättä ole vakioitua mallinnus- tai merkintätapaa. Ne tulee siten dokumentoida hankekohtaisesti tarkasti ja yksi-selitteisesti tietomalliselostukseen, joka toimitetaan tietomallin mukana.
- Erityistaso sisältää normaalitason, eli kaikkien normaalitason vaatimusten tulee täytyä.
- Normaalitasosta poiketen erityistason vaatimuksista voidaan ottaa käyttöön harkinnan mukaan vain osa. Ne sovitaan hankekohtaisesti tai määrätään ko. rakennusvalvonnan erillisohjeella. [7.]

Käytännössä siis lupaprosessi on koon mitoituksen ja sijainnin mitoituksen näkökulmasta isolta osin automaattisesti luettavissa. Rakennusalueiden rajat ovat monesti saatavilla vain rasterimuotoisista pdf-asetakaavoista. Nämä eivät toisaalta taas ole mallista automaattisesti luettavaa tietoa, jolloin tulkintaan tarvitsee ihmistä. Mikäli taas rakennusalueiden rajat (tai muut merkittävät asemakaavan alueet ja tiedot, jotka vaikuttavat rakentamiseen) tulkittaisiin valmiiksi kone-luettavaan muotoon, niin tämä osa-alue voitaisiin automatisoida täysin.

### 3.4 Vastinpisteet ja Helmert-periaate

Projektille määritellään vähintään kaksi vastinpistettä kunnan koordinaatistossa [5]. Kahden pisteen avulla on mahdollista siirtää projekti paikallisesta koordinaatistosta kunnan koordinaatistoon. Olisi kuitenkin järkevää, että olemassa olisi myös kolmas piste, koska tällöin voidaan arvioida koordinaatiston siirron tulosta. Projekti mallinnetaan todelliseen korkeuteen kunnan korkeusjärjestelmässä [5]. Käytännössä tämä tarkoittaa siis sitä, että mikäli mallia joutuu siirtämään, se tulisi tehdä vain xy-tasossa. Toisin sanoen voidaan käyttää Helmert-periaatetta, mikäli siirrytään toisesta suorakulmaisesta koordinaatistosta toiseen [8, s. 83].



Kuva 3. Helmert-periaate. Mustalla esitetty pääjärjestelmä ja punaisella sivujärjestelmä [8].

Helmert-periaate on yhdenmuotoisuusmuunnos, jonka avulla saadaan samat pisteet muunnettua toiseen koordinaatistoon (kuva 3). Muunnos koostuu origojen erosta, akselien kiertoerosta ja mittakaavasta (kuva 3). Esimerkiksi kuvassa 3 origopiste on sivujärjestelmässä  $X_0$ :n ja  $Y_0$ :n verran sivussa pääjärjestelmään verrattuna. Kuvassa 3 pääjärjestelmän ja sivujärjestelmän välinen kiertokulma on  $t_0$ . Sivujärjestelmä on siis kuvassa 3 kiertynyt  $t_0$ :n verran myötäpäivään

verrattuna pääjärjestelmään. Käytännössä laskentaohjelmat tekevät tämän puoliautomaattisesti, kun käyttäjä määrittää ohjelmassa halutun kiertokulman, origon eron ja skaalan.

## 4 Rakennuslupaprosessi ennen tietomallien käyttöä

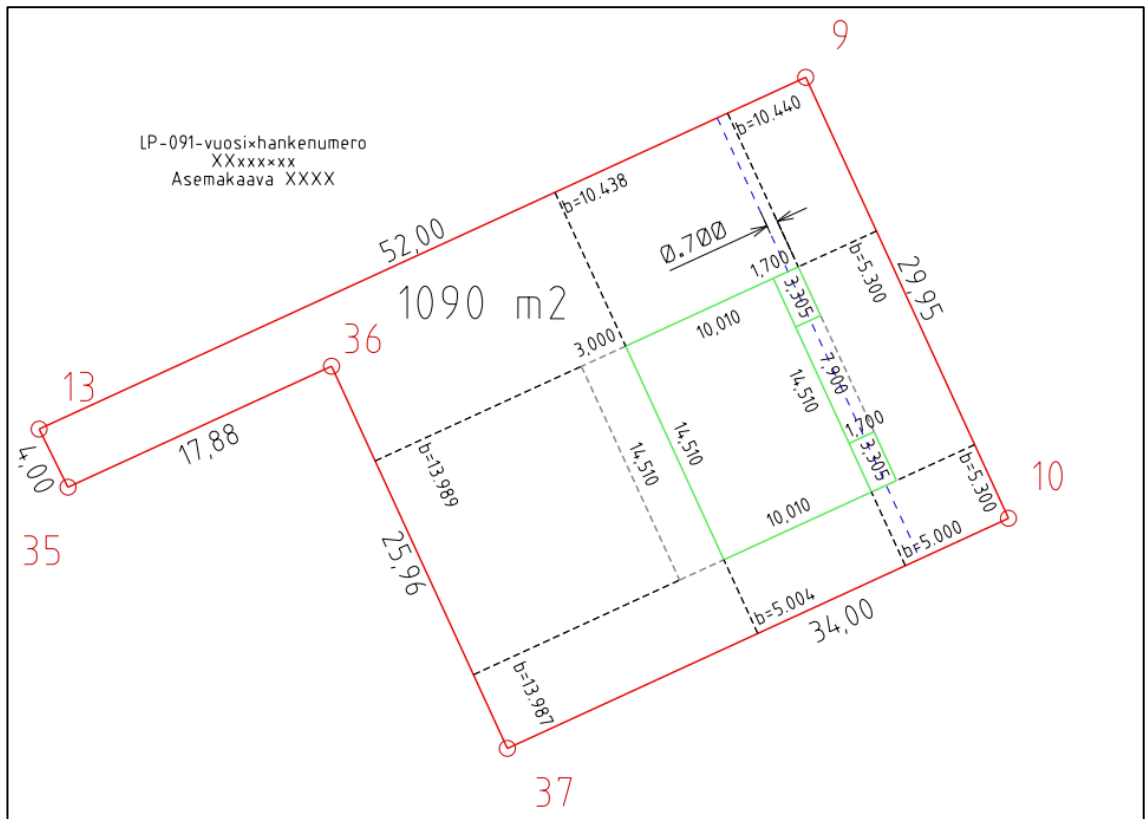
### 4.1 Suunnittelun pohjatiedot

Karttakori on sähköinen asiointipalvelu, josta suunnittelijat voivat tilata lähtötietoja hankkeisiin [9]. Lähtötieto sisältää esimerkiksi kantakartan hankkeen alueelta ja pisterekisterin mukaiset tontin rajat. Rakennusluvan hakija Helsingin kaupungin ohjeistuksen mukaan tarvitsee rakennuslupakartan hakeakseen rakennuslupaa. Lisäksi pitää selvittää naapurit, jotta heitä voidaan kuulla lupaa myönnettäessä. [10.] Saatuaan lähtötiedot hankkeen alueelta suunnittelija suunnittelee rakennuksen hankkeen tontille.

### 4.2 Sijaintilausunto

Alustavan suunnittelun tullessa tarpeeksi pitkälle rakennusvalvonta pyytää kaavoitusmittaukselta sijaintilausunnon. Tässä vaiheessa tarkastetaan, että hankkeen pohjakuvan mitat ja asemapiirustus eivät ole ristiriidassa. Lisäksi tarkistetaan, että tontti on oikean muotoinen ja että sijainnin tai koon mitoitus ei ole ristiriitainen. Laskennalla pyritään selvittämään rakennuksen uloimmat merkittävät rakenteet, jolloin saadaan rakennusalan rajojen ylitykset tai muut merkittävät asemakaavan mukaiset alueylitykset (kuva 4). Mitoituksen näkökulmasta annetaan myös mitat lähellä oleviin rakennuksiin, jotta esimerkiksi paloturvaa voidaan arvioida. Lausunto on rakennusvalvonnan tukena rakennuslupaa myönnettäessä.

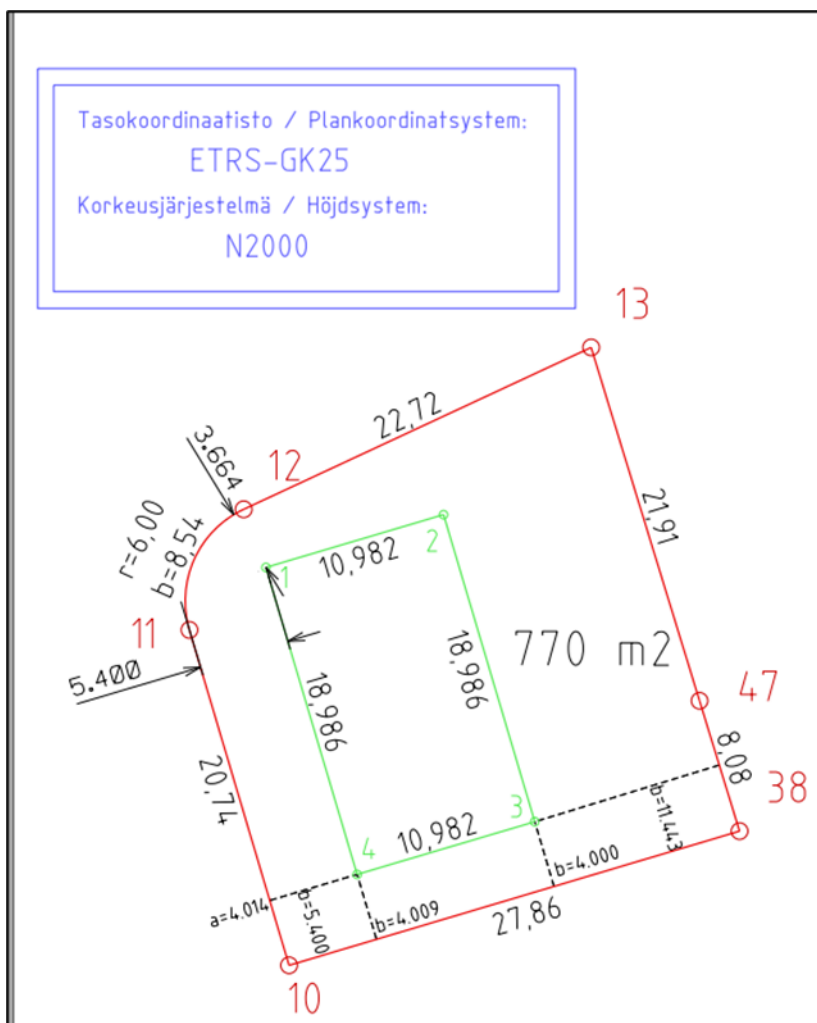




Kuva 4. Asemapiirustuksen mukaan laskettu rakennus tontilla. Punaisella tontin rajat ja vihreällä rakennuksen pääseinät.

### 4.3 Maastonmerkintä

Rakennusluvan tultua voimaan hankkeesta vastaava tilaa rakennuksen maastonmerkinnän. Tässä vaiheessa rakennuksen mitoitus tarkistetaan uudestaan ristiriitojen varalta. Tilaajalle lähetetään koordinaattilistaus, jossa on numeroidut asemapiirustuksen mukaiset rakennuksen nurkat (kuva 6). Lisäksi lähetetään liitekartta (kuva 5), jossa on koordinaattilistauksen mukaiset tontin pyykki ja rakennuksien lasketut nurkat. Nurkat ovat numeroidut, jotta välttyttäisiin väärinkäsityksiltä. [11.]



Kuva 5. Esimerkki asiakkaalle lähetetystä liitekartasta.

40	22	1	10	86.290	35.477	0.000
40	22	1	11	80.384	55.360	0.000
40	22	1	12	83.600	62.507	0.000
40	22	1	13	104.191	72.105	0.000
40	22	1	38	112.992	43.433	0.000
40	22	1	47	110.621	51.157	0.000
40	22	4	1	84.917	59.062	0.000
40	22	4	2	95.445	62.189	0.000
40	22	4	3	100.851	43.989	0.000
40	22	4	4	90.323	40.862	0.000

Kuva 6. Esimerkki asiakkaalle lähetetystä tasokoordinaattilistauksesta (ETRS-GK25). Neljännessä sarakkeessa on ilmoitettu pistenumerot, jotka täsmäävät kuvan 5 pistenumeroihin. Kuvan koordinaatit ovat kuvitteelliset ja lähellä origoa.

Maastoonmerkinnän tilaaja valitsee haluamansa merkit tontille, jonka jälkeen tilaus lähetetään mittaukseen. Mittaukseen lähetetään samat koordinaattilistaukset ja liitekartat kuin tilaajalle. Lisäksi mittajille lähetetään tarvittavat tulosteet hankkeesta, kuten esimerkiksi asemapiirustus, pohjakuvat ja leikkauskuvat. Mittauksessa merkitään asiakkaan toivomat rakennuksen nurkat puupaaluin, jonka päällä on naula merkitsemässä tarkkaa kulman sijaintia [11]. JHS 185:n (Julkisen hallinnon suositus) mukaan seinälinjan tarkkuusvaatimuksena mittaussluokassa 1e on määritetty 0,1m:n pistekeskivirhe [12]. Julkisen hallinnon suosituksia on lakkautettu, ja vastuuviranomaisille jää arvioitavaksi, miltä osin suosituksia on järkevää käyttää [13]. Lisäksi tontille tuodaan vaaitsemalla kaksi korkeusmerkkiä, jotta rakennus tulee oikealle korkeustasolle [11].

Vaihtoehtoisesti työmaalle voidaan tuoda myös apupisteet, mikäli tilaajalla on oma mittamies käytössä. Apupisteet ovat hyvä vaihtoehto, kun maastoonmerkittäviä nurkkia on monia tai on tiedossa, ettei merkkipaalu tule säilymään maastossa tarpeeksi kauaa. Käytännössä siis suurimmissa hankkeissa käytetään apupisteitä, koska merkittäviä rakennuksen nurkkia on monesti todella monta.

#### 4.4 Sijaintikatselmus

Hankkeen edettyä siihen saakka, että sokkeli on mahdollista mitata, suoritetaan sijaintikatselmus. Sijaintikatselmuksessa varmistetaan uuden rakennuksen sijainti ennen kuin jatketaan rakentamista pidemmälle [11]. Maastoonmerkinnän laskennassa lasketaan yleensä rakennuksen ulkopinta, koska sokkelia ei ole mitoitettu asemapiirustukseen. Vuorostaan sijaintikatselmuksessa mitataan esimerkiksi sokkeli, jolloin mitattu rakennus pitää levittää suunnitelmien mukaiseen uloimpaan pintaan. Mitattava pinta voi olla myös esimerkiksi valmis rakennuksen pinta. Rakennuksien lisäksi myös rakennelmien sijainti katselmoidaan tarpeen mukaan.

Riippumatta katselmoitavasta kohteesta mitattua tulosta verrataan aina luvan liitteenä oleviin pdf-kuviin. Esimerkiksi sokkelin ja uloimman pinnan välinen ero on etsittävä hankkeen leikkauskuvista. Pdf-leikkauskuvissa ei ole välttämättä aina suoraan esitetty sokkelin ja uloimman pinnan erotusta. Joissakin

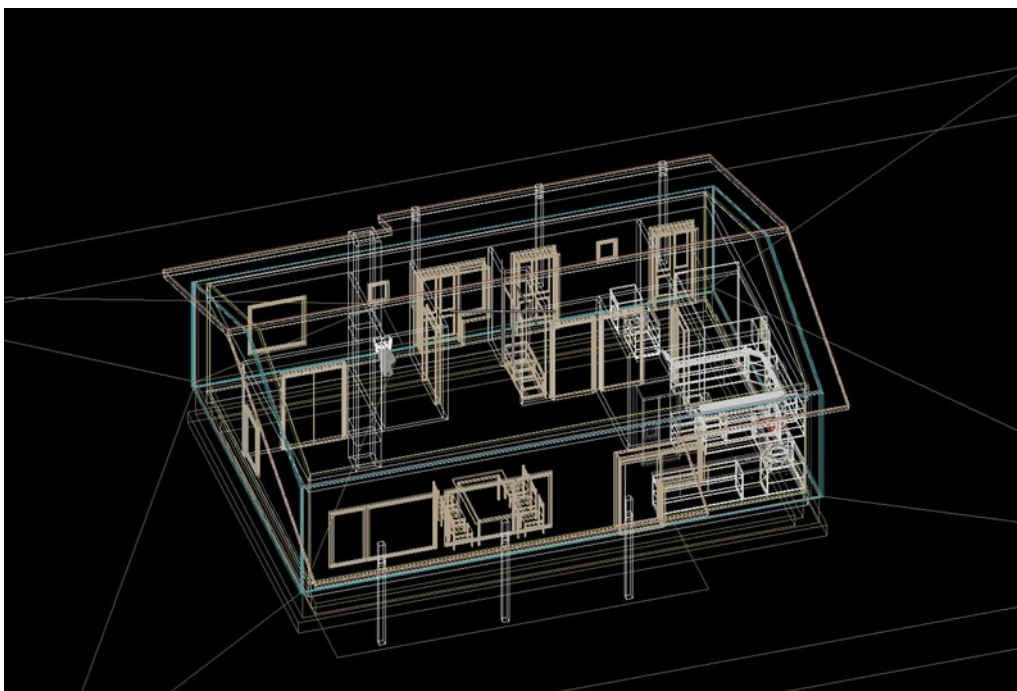
tapauksissa ero on mitattava pdf-kuvista ja mietittävä, onko tulos järkevä. Mikäli pintojen välinen erotus ei ole todettavissa, tätä kysytään hankkeen suunnittelijalta.

## 5 Rakennuslupaprosessi tietomalleja hyödyntäen

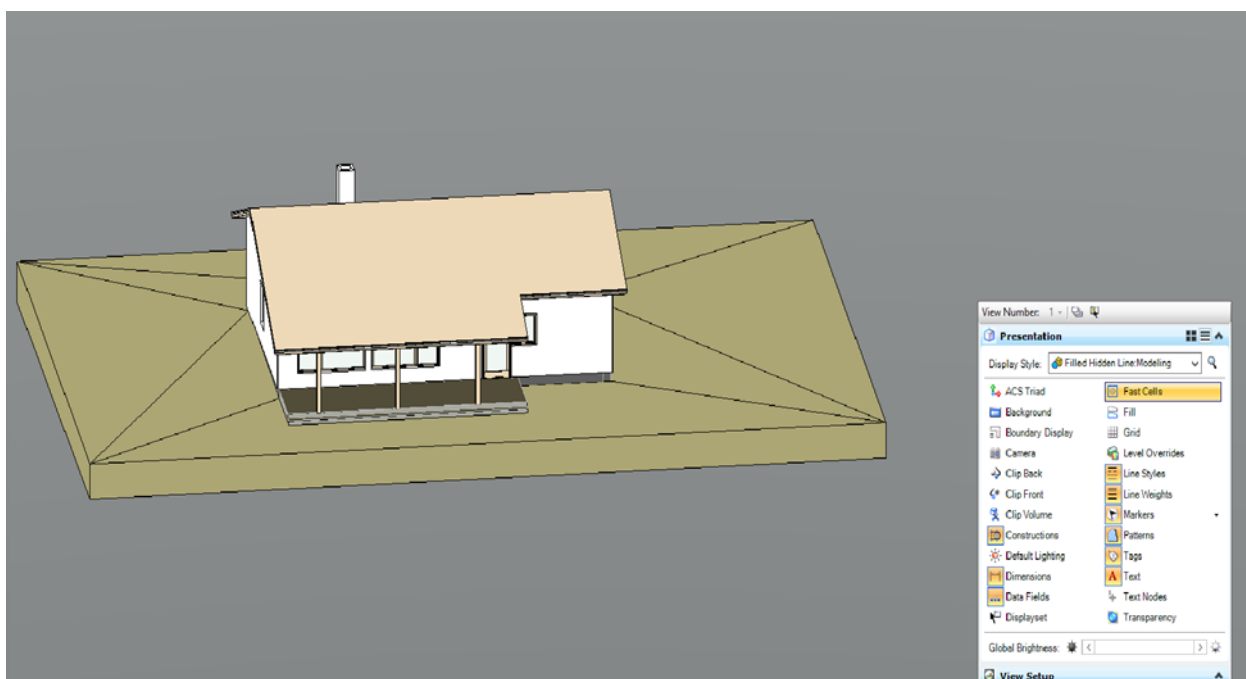
Rakennusten piirtäminen rakennuslupaprosessin eri vaiheissa on tapahtunut Helsingin kaupungin maastomittausyksikössä Microstation-ohjelman avulla. Lisäksi kokeilussa on ollut Trimble Connect -ohjelma, jonka käyttö on ollut tois- taiseksi vähäistä. Microstation pystyy avaamaan IFC-tiedostoja (IFC tarkoittaa tietomalliformattia, Industry foundation classes), jolloin näistä saadaan raken- nuksen geometria. Microstationilla ei pystytä kuitenkaan viemään tiedostoja IFC-tiedostomuotoon, jolloin tietomallien sisältämä tieto häviää. Toisaalta taas rakennusten mallien tulisi olla valmiiksi todellisessa sijainnissa, jolloin itse IFC- tiedoston tallentamista ei pitäisi tarvita sijainnin muuttamiseen. Ratkaisuna on tarkastella geometriaa Microstationilla. Tietoa voi olla havainnollisempi tarkas- tella tarvittaessa toisella ohjelmalla, kuten esimerkiksi Trimble Connectin avulla. Käytännössä siis valmius hyödyntää tietomallien tietoa ilman ohjelmistohankin- toja on jo olemassa.

### 5.1 Sijaintilausunto

Sijaintilausunto pystytään suorittamaan Microstationilla ottamalla geometria suoraan IFC-tiedostosta. IFC-tiedosto avautuu Microstationilla suoraan tallen- nettuun sijaintiin. Microstation avaa IFC-tiedoston vektorimuotoiseksi tiedoksi, jolloin tieto on suoraan hyödynnettävissä. Toisin sanoen rakennuksen mittoja ei tarvitse tulkita pdf-kuvista ja piirtää niitä uudestaan hyödynnettävään muotoon. Tietomallia voi myös tarkastella esimerkiksi Trimble Connectin avulla, jolloin se on helpommin hahmotettavissa. Microstation avaa oletuksena tietomallista rau- talankamallin, jolloin viivoja näkyy sisäkkäin monta (kuva 7). Rautalankanäky- mällä viivoja joutuisi vertaamaan katseluohjelman avulla, koska viivoja on vai- kea hahmottaa. Tämä johtaa siihen, että viivoihin tarttuminen ei ole luotettavaa, jolloin voi virhetartuntojen riski kasvaa. Vaihtamalla näkymäasetuksista rauta- lankamallinäkyvän toiseen esitystapaan saa mallista todella paljon havainnolli- semman (kuva 8).



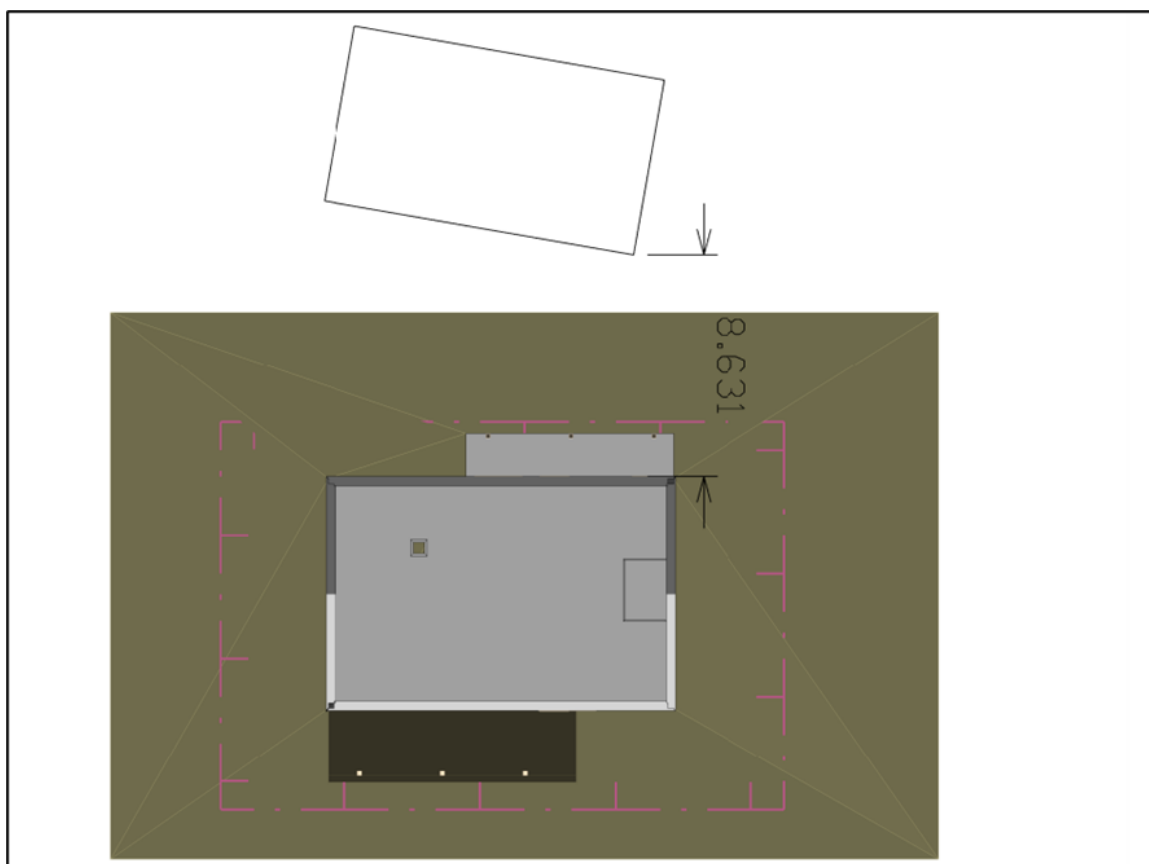
Kuva 7. Esimerkki Microstation-ohjelmaan tuodusta IFC-tiedostosta (Metropolian opetusmalli)



Kuva 8. Esimerkki Microstation-ohjelmaan tuodusta IFC-tiedostosta. Valikosta on vaihdettu rautalankanäkymä toiseen esitystapaan. (Metropolian opetusmalli)

Tietomallit tulee olla yleisten tietomallistandardien mukainen. Tietomallissa tulee olla mallinnettuna tontin rajat, jotta voidaan varmistua oikeasta tontista. Mikäli hanke on olemassa olevan rakennuksen laajennus, tulee olemassa oleva rakennus olla tietomallissa mallinnettuna. [5.]

Rakennusta siirrettäessä Microstation-ohjelmassa on hyvä huomioida, ettei kierrä rakennusta muussa tasossa kuin x-y-tasossa. Muutoin rakennuksen mitat muuttuvat tarkasteltaessa rakennusta ylhäältä päin. Samoin rakennusten nurkkien sijainnit vääristyvät. Ottamalla esimerkiksi katto pois näkyvistä, saadaan suoraan mallista jo varsin havainnollinen näkymä (kuva 9).



Kuva 9. Esimerkki sijaintilausunnon periaatteesta. Kuvassa on malli ylhäältä päin. Kuvassa on myös rakennusalueen rajat (punaisella katkoviivalla) sekä kuvitteellinen kantakartan rakennus etäisyydellä 8,631 m (Metropolian opetusmalli).

Käytännössä sijaintilausunnon antaminen sujuu kuten aikaisemminkin. Erona aikaan ennen tietomalleja on, että rakennuksen sisäistä mitoitus ei tarvitse tarkistaa, koska se on suoraan saatavilla sähköisessä muodossa.

Sijaintilausunnon tarkoituksena on ollut varmistaa mitoituksen yksiselitteisyys, jotta rakennuksen paikka voidaan mitata tontille. Sijaintilausunnon tarve supistuu siis lähellä olevien rakennusten etäisyyksiin ja rakennusalueiden ylityksien raportoimiseen pdf-muodossa.

Lähtökohtaisesti suunnittelija vastaa tietomallin sisällön oikeellisuudesta [5]. Kuitenkin ennen kuin tietomallit ovat vakiintuneet osaksi rakennuslupahakemuksia, rakennuksen sijainnin ja tontin muodon voisi tarkistaa sijaintilausunnon yhteydessä niin kuin tähänkin asti on toimittu. Tällöin saadaan karkeat virheet mitoituksesta pois. On erittäin tärkeää, että rakennus suunnitellaan virallisten tontin rajojen suhteen. Muuten on mahdollista, että rakennus suunnitellaan esimerkiksi lähemmäs rajaa kuin oli ajateltu.

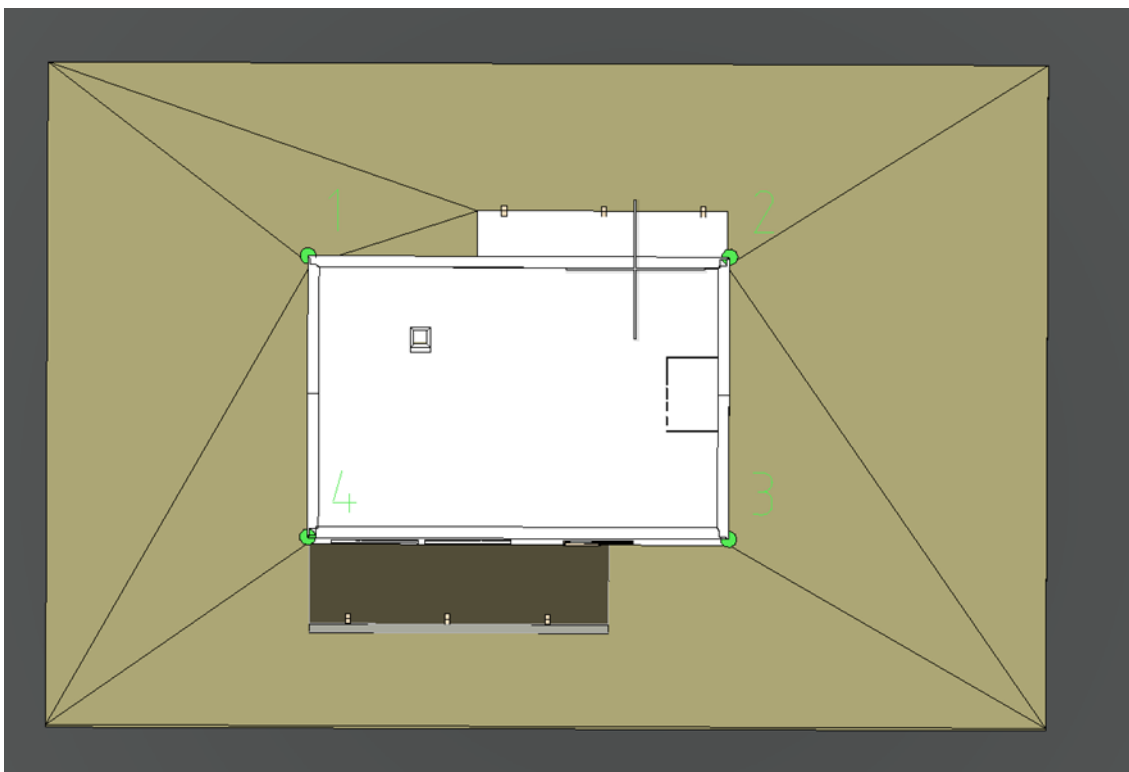
## 5.2 Maastoonmerkintä

Maastoonmerkintä sujuu käytännössä siis vanhalla tavalla, mutta geometria otetaan edelleen talteen sijaintilausunnon tavoin (kuva 9 ja 10). Käytännössä siis rakennusten nurkat saadaan poimittua tietomallista suoraan. Laittamalla tasohallinnasta (käyttäen tietomallin avaavaa ohjelmaa, esimerkiksi Microstation) vain halutut tasot päälle tietomallista voi mallia käyttää suoraan asiakkaalle lähetettävän tiedoston luontiin. Tässä säästyy aikaa, kun jokaista mittaa ja seinälinjaa ei tarvitse käsin erikseen tehdä. Tilaajalle lähtee samalla tavalla koordinaattilistaus ja liitekartta (kuvat 5 ja 6). Erotuksena vanhaan asiakkaalle lähteneeseen liitekarttaan on, että merkittävät pisteet vain asetetaan suoraan IFC-mallin päälle (kuva 10). Tällöin visuaalinen näkymä vain poikkeaa aikaisemmasta.

Mittaus suoritettaisiin samalla tavalla kuin aikaisemmin, joko paaluin tai apupistein. Mittaukseen voisi ottaa nyt suoraan tallentimeen lupahankkeen liitteenä olevan IFC-mallin. IFC-mallin yksikkönä on millimetri, mutta mittalaite ymmärtää kääntää mallin metriseen järjestelmään. Aikaisemmin (ennen tietomalleja) on pitänyt käsin luoda sopivat pdf-tulosteet mittauksista varten. Lupapisteestä on haettu leikkauskuvat, asemapiirustukset ja pohjakuvat. Näistä kuvista on muokattu vielä käsityönä järkevän kokoiset tulosteet mittauksen tarpeisiin. Nyt siis



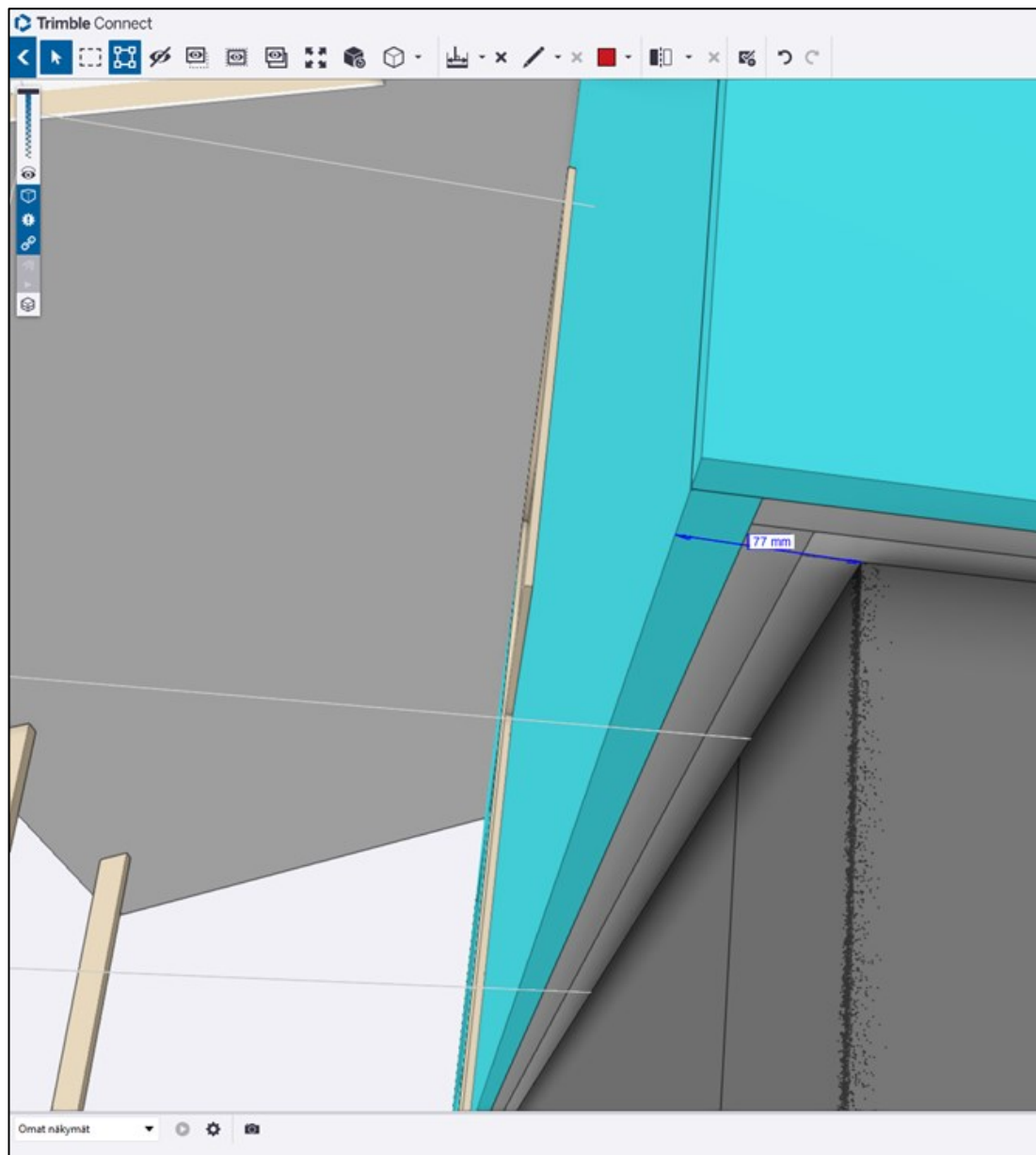
tiedonsiirto helpottuu, koska tietomalli sisältää jo valmiiksi leikkauskuvat, rakennuksen tiedot ja sijainnin. IFC-mallista mittaamista selvennetään tarkemmin luvussa 6.



Kuva 10. Esimerkki asiakkaalle lähetettävän liitekartan periaatteesta. Kuvassa on IFC-malli ylhäältä päin (Metropolian opetusmalli).

### 5.3 Sijaintikatselmus

Katselmuksen mittaus suoritetaan samalla tavalla kuin aikaisemmin, mutta rakennuksen levityksen tulkinta helpottuu. Aikaisemmin, ennen tietomalleja, rakennuksen levitys on pitänyt etsiä Lupapisteen leikkauskuvista. Levitys ei ole kuitenkaan aina todettavissa leikkauskuvista, vaan tieto voi löytyä myös perustuskuvista. Kuvista tietojen etsiminen (esimerkiksi korkeustiedon tai levityksen) voi olla todella työlästä ja aikaa vievää, mikäli kuvia on hankkeella monia. Nyt rakennuksen levityksen voi mitata suoraan rakennuksen tietomallista (kuva 11).



Kuva 11. Kuvassa on näkymä talosta alhaalta ylöspäin Trimble Connect -ohjelmassa. Katseluohjelmassa on mitattu sokkelin ja uloimman seinän etäisyys (Metropolian opetusmalli)

Toisaalta levitystä ei tarvitse välttämättä etsiä ollenkaan, mikäli mitattava pinta on suoraan todettavissa maastossa, koska sijaintikatselmuksen vertausaineistoksi voisi nyt ottaa suoraan mukaan IFC-mallin. Tällöin mittalaitteella voitaisiin suoraan mitata työmaalla olevaa pintaa. Mittaaja saisi jo maastossa tiedon sijainnin ja korkeusaseman luvanmukaisuudesta. Mallit ovat valmiiksi oikeassa korkeudessa, jolloin korkeuden vertailu onnistuu jo maastossa. Korkeuden vertailu voi olla työlästä, ja siksi jo maastossa saadut tiedot korkeuden

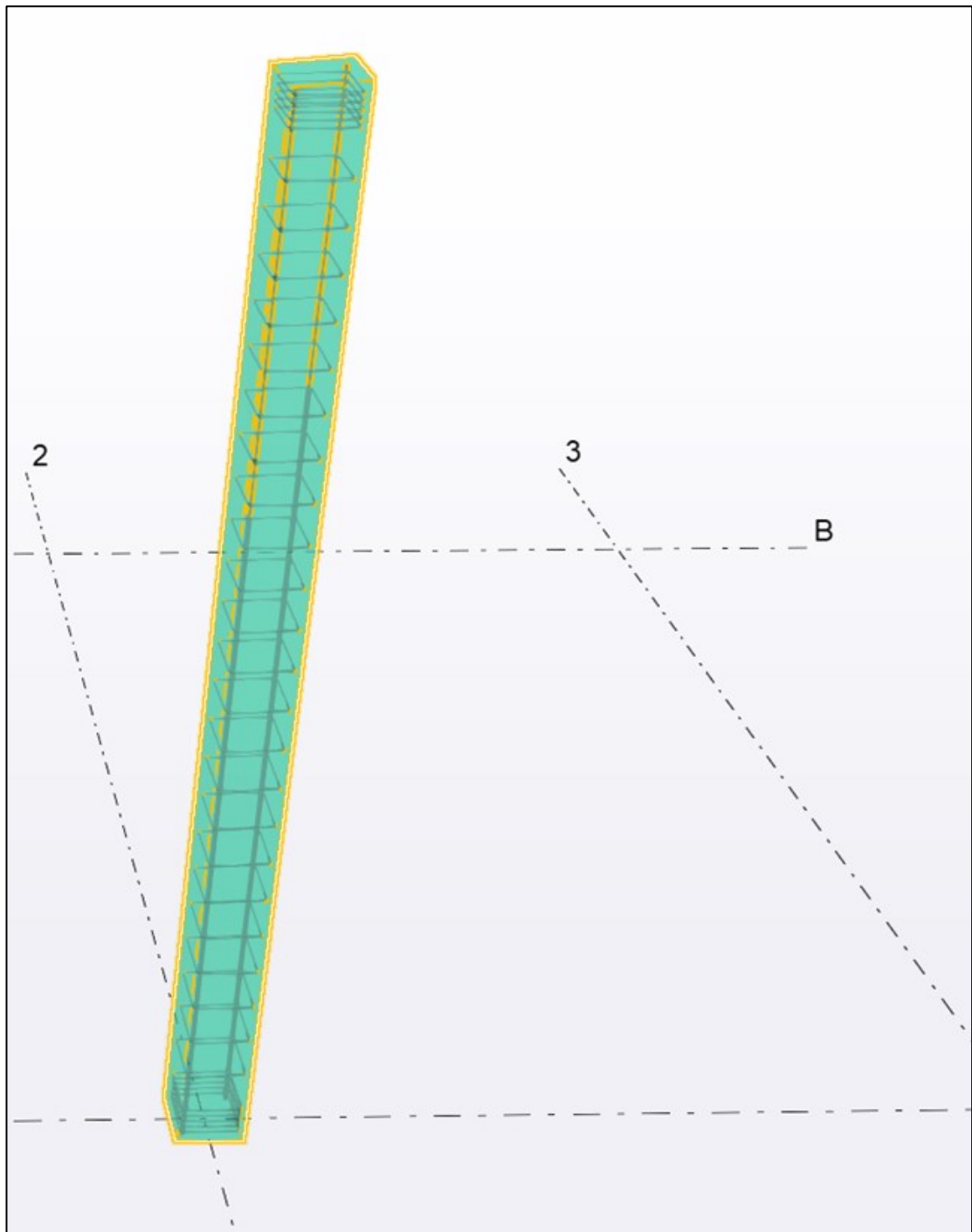
oikeellisuudesta vähentävät uusintamittausten tarvetta. Vaihtoehtoisesti Microstation:lla voitaisiin tallentaa avainpintoja mukaan mittalaitteelle, kuten sokkeleiden yläpinnat, ontelolaattojen yläpinnat tai muita pintoja dxf-muotoon. Tällöin mittaus onnistuisi myös IFC-mallin tapaan. Huonona puolena tässä on se, että dxf-muotoon tallentaminen vaatii lisää käsityötä.

## 6 Tietomallipohjainen mittaaminen

Tietomallipohjainen mittaaminen vaatii maastotietokoneelta riittävää suorituskykyä, jotta koko mallia voidaan pitää kerralla maastotietokoneella mukana. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin käyttämään Trimblen TSC7-maastotietokonetta eikä käytössä havaittu ongelmia suorituskyvyn kanssa. Mittausaineiston kokoaminen on vaatinut erillistä muokkaamista tietokoneella, jotta saadaan mittauskelpoista tietoa maastotietokoneelle. Käytännössä siis aineistoa on ollut pakko karsia ja yksinkertaistaa tietokoneella. Lisäksi aineistoon on täytynyt perehtyä perusteellisesti, jotta aineiston sisäistää ja voi varmistua mittaavansa oikeita kohteita. Työläimissä aineistoissa on ollut pakko mitata jokainen aineiston viiva ja todeta viivan olevan haluttu kohde vertaamalla saatuja mittoja esimerkiksi hankkeesta julkaistuihin pohjakuviin. Tämä johtuu siitä, että kaikki on kuvattu 2D-tasossa, jolloin mittausaineiston (ennen karsintaa) luettavuus kärsii. Päälekkäisten viivojen tulkinnassa käytetään siis turhaa aikaa, kun vaihtoehtona on IFC-mallin siirto sellaisenaan maastotietokoneelle. IFC-mallien myötä hankkeen mittausaineiston kerääminen helpottuu siis huomattavasti tietomallien havainnollisuuden vuoksi.

### 6.1 Tietomallin käsittely mittausta varten

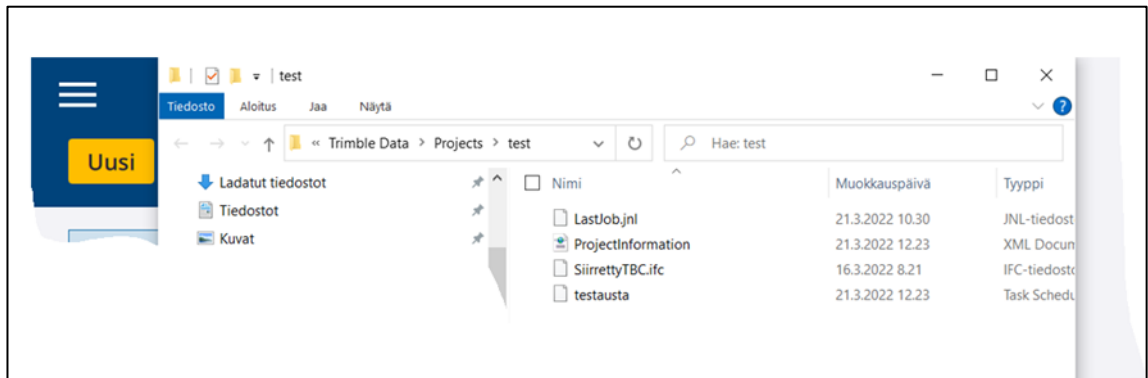
Tietomalleissa voi tulla kysymykseen mallin karsiminen. Malleissa voi olla mittauksen kannalta tarpeetonta tietoa, kuten esimerkiksi pilarien sisäiset raudoitukset (kuva 12). Paras tilanne olisi tietenkin, että suunnittelijan muokkasi tietomallista suoraan hankkeen liitteisiin mittausvalmiin version. Kuitenkin mallia voi itse karsia tallentamalla vain halutut tasot mittaustiedostoon mukaan.



Kuva 12. Kuvassa on pilari, jonka sisällä on raudoituksia.

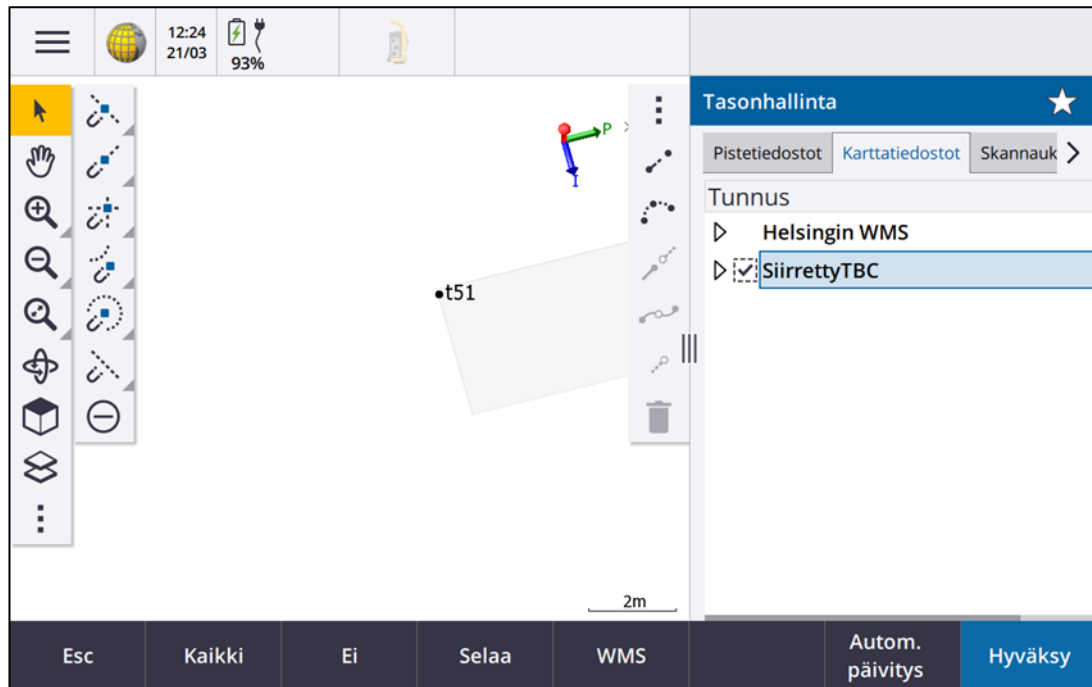
## 6.2 Mittaus IFC-mallista TSC7-maastotietokoneella

IFC-tiedoston saa mittalaitteelle pilven kautta, kun käyttää tietokoneella ja maastotietokoneella samaa käyttäjätunnusta. Käyttäen Trimble Connectia tietokoneella IFC-mallin voi liittää osaksi projektia, jolloin tämä projekti on määritetty Trimble ID:lle, eli käyttäjälle. Tällä samalla Trimble ID:llä kirjaututtaessa mittalaitteelle päästään käsiksi suoraan projektiin ja tätä kautta IFC-malliin. On myös mahdollista tehdä ensin mittalaitteella projekti ja siirtää IFC-tiedosto jälkeempään projektin kansioon ilman pilviominaisuutta (kuva 13).

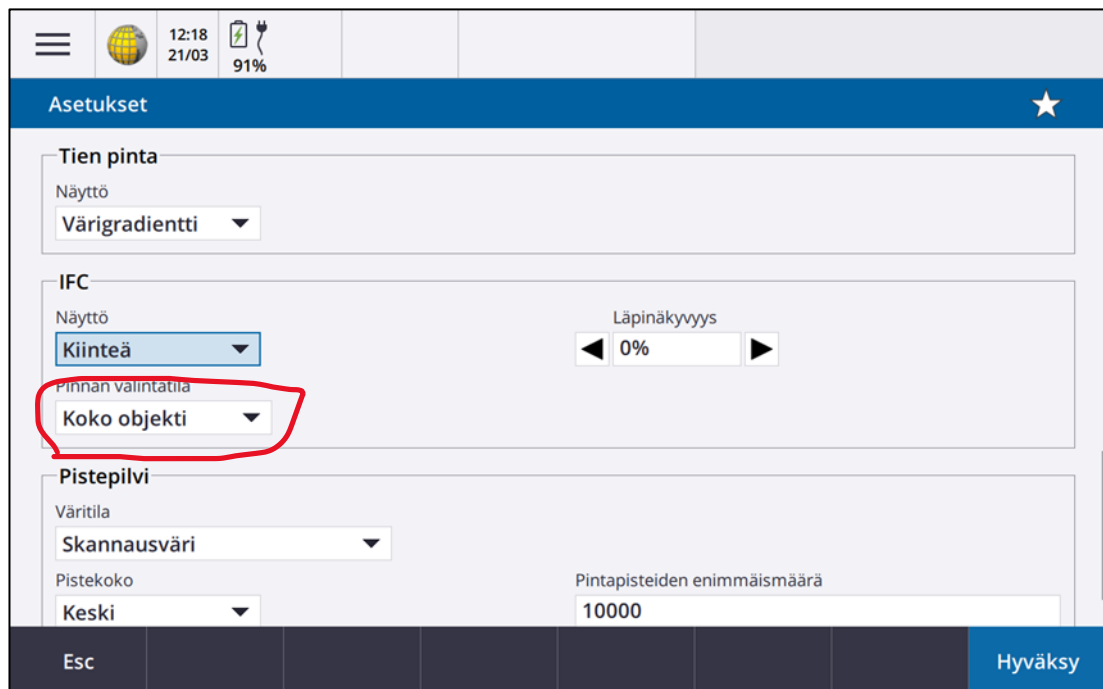


Kuva 13. Mittalaitteelle siirretyn IFC-tiedoston sijainti kansiorakenteessa.

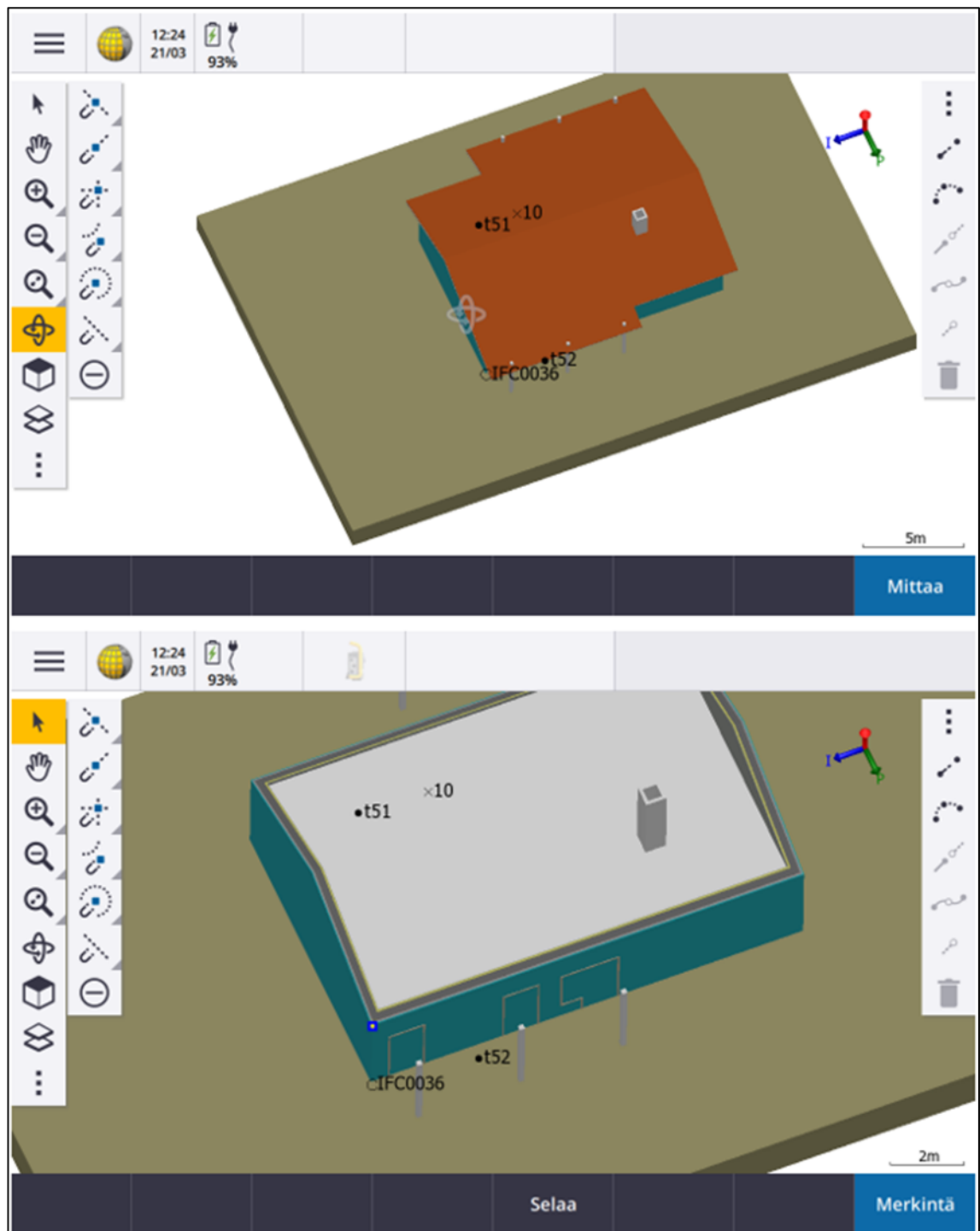
Tämän jälkeen mallin saa näkyviin tasonhallinnasta (kuva 14). Oleellista mittauksen kannalta on valita työn asetuksista pinnan valintatavaksi koko objekti (kuva 15). Tällöin pystyy helpommin valitsemaan mallista yksittäisiä pisteitä merkintämittaukseen. Mallista on mahdollista valita pisteiden lisäksi pintoja ja laskea maastotietokoneessa mallista uusia pisteitä merkintämittaukseen.



Kuva 14. Kuvassa on IFC-tiedoston tasonhallintanäkymä mittalaitteella. Tasonhallinnassa näkyy, että mallin vieressä on katkoviivainen neliö, jolloin malliin voi tarttua mittauslaitteen kosketusnäytöllä.



Kuva 15. Kuva IFC-mallin asetuksista mittalaitteella. Pinnan valintatilaksi voi valita koko objektin, jolloin yksittäisten pisteiden valinta helpottuu. Punaisella on ympyröity pinnan valintatilan asetusvalikko.

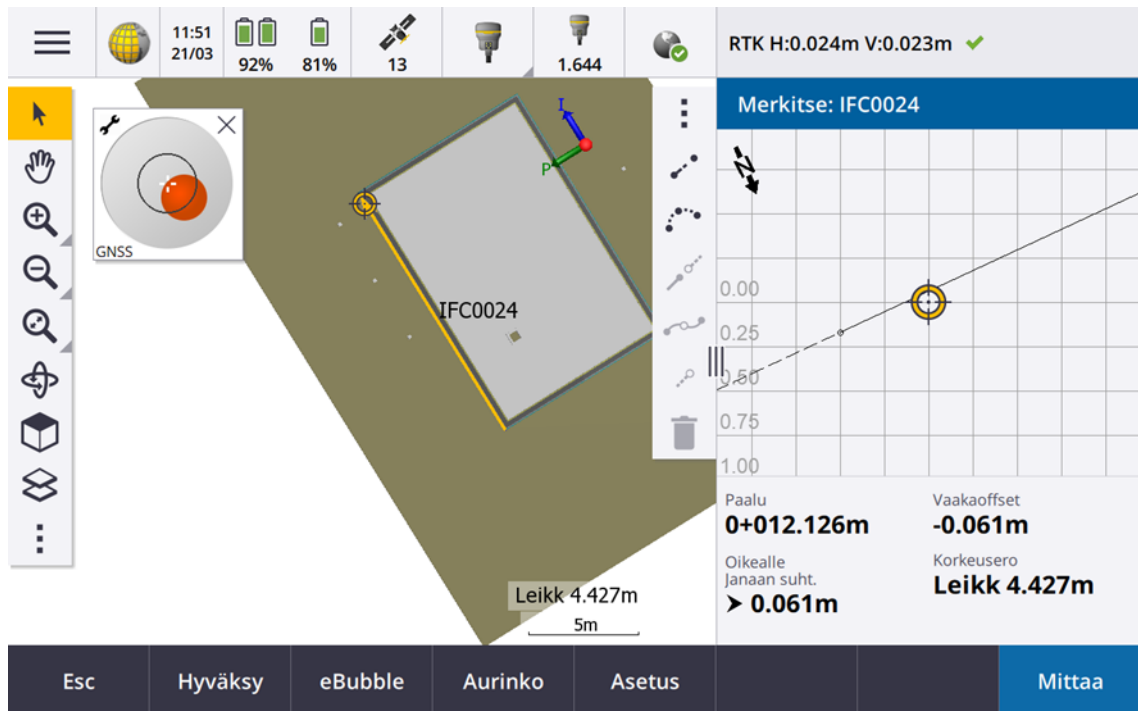


Kuva 16. Kuvassa on sama IFC-malli katolla ja ilman kattoa. Katto on otettu mittalaitteella pois näkyvistä tasonhallinnasta (Metropolian opetusmalli).

Mallista on siis mahdollista valita suoraan mitattavat pisteet merkintämittaukseen. Käytännössä tämä siis tarkoittaa sitä, että toimistotyön määrä vähenee. Kulmat saa mitattua merkitsemällä janaa tai pistettä. Mittauskohteen valinta tapahtuu kosketusnäytöltä. Mikäli kohde on esimerkiksi kerrostalo tai



monimutkaisempi kohde, täytyy kiinnittää erityistä huomiota siihen mitä pistettä valitsee. Monimutkaisemmissa tapauksissa IFC-tiedoston alkutarkastelu on paikallaan tietokoneella. Kerrokset ovat usein ulottuvuuksiltaan erikokoisia. Tallentimen pieneltä näytöltä voi olla hankalaa havaita kerroksien ulottuvuuseroja, jolloin pisteiden tai pintojen valinnassa voi tehdä helposti virheen. Mitattavan pisteen tai janan löytämisen helpotukseksi mittalaitteen tasonhallinnasta voi kytkeä tasoja päälle tai pois (kuva 16).



Kuva 17. Kuvassa on IFC-tiedosto ylhäältäpäin. Mittalaitteen kosketusnäytöllä on valittu uloin seinäpinta ja mitattu tätä. Mittalaite kertoo sijainnin suhteessa malliin (Metropolian opetusmalli).

IFC-mallit suunnitellaan myös todelliseen korkeuteen, joten korkeuden tarkastelu helpottuu huomattavasti. Aikaisemmin korkeutta on pitänyt verrata pdf-kuvissa ilmoitettuihin lukuihin, eikä lupakuvien luvut aina suoraan esittänyt maastossa mitattavan pinnan korkeustasoa. Tämä johti siihen, että korkeutta piti tulkita pahimmillaan toimistolla ja tulla mittaamaan uudestaan, koska vastinlukema ei löytynyt. Nyt IFC-mallin jokainen valittavissa oleva objekti on suoraan todellisessa korkeudessa, jolloin tiedetään suoraan mitattavan pinnan todellinen korkeus (kuva 17). Toisin sanoen mittalaitteen näytöltä pystyy suoraan

lukemaan jo maastossa, onko mitattavan kohteen korkeusasema suunnitelman mukainen. Mittalaitteen näytöllä ero suunniteltuun korkeusasemaan on ilmaistu joko "leikkauksena" tai "täyttönä" (kuva 17).

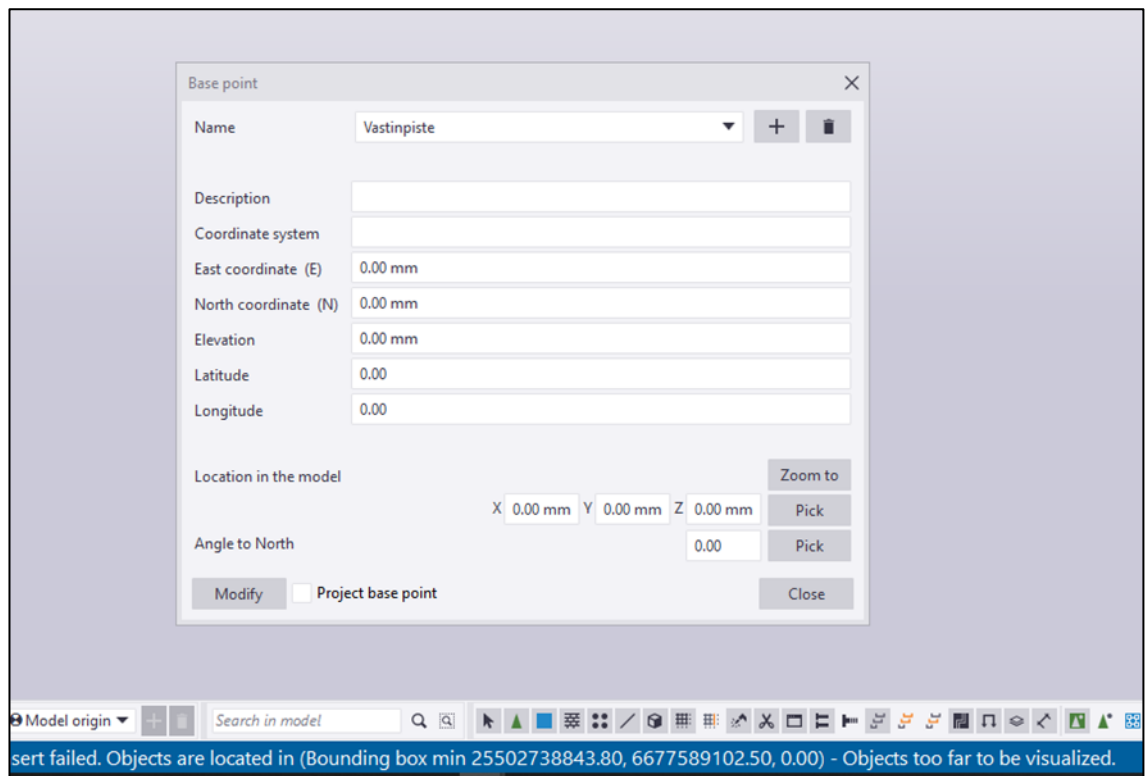
## 7 Ohjelmien tutkinta

Mikäli rakennuslupaprosessi haluttaisiin viedä kokonaan tietomallipohjaisesti läpi aina mittalaitteelle saakka myös ongelmatilanteissa, tarvittaisiin uusia ohjelmia. Ohjelmat saattavat esimerkiksi lukea IFC:tä, mutta eivät kykene tallentamaan IFC-muodossa. Lähtökohtaisesti rakennuksen tietomalli on valmiiksi hankkeen todellisessa sijainnissa (eli tietomallia ei tarvitse siirtää mittausta varten). On kuitenkin tärkeää olla valmius käsitellä IFC-malleja tarpeen tullen.

Tietomalliohjelmia on monia, ja tässä työssä tutustuttiin muutamiin ohjelmiin, joihin saatiin lisenssit. Hankkeiden referenssitiedot, eli tonttien rajat ja kantakartan rakennukset on helppoiten hyödynnettävissä Microstationin kautta. Ydinongelmaksi muodostui siis aina se, että tarvittava referenssitieto on vektorimuodossa olevaa tietoa ja muunnettavissa niihin tiedostomuotoihin, joita Microstation tukee. Tällöin valittavan ohjelman pitää osata myös lukea joitain Microstationin tukemia tiedostomuotoja tai tarvittavat koordinaatit pitää etsiä toisen ohjelman kautta. Koordinaattien manuaalinen kirjoittaminen on myös työlästä ja erittäin viriheherkkää. Nämä tiedot ovat helposti saatavilla Microstationin kautta, mutta Microstation ei taas osaa tallentaa IFC-muodossa. Tavoitteena oli siis löytää ohjelma, joka mahdollistaa mahdollisimman yksinkertaisen ja havainnollisen työprosessin virheiden välttämiseksi.

### 7.1.1 Tekla Structures

Tekla Structures on mallinnusohjelma, jolla voi mallintaa rakennuksia tai rakennelmia. Ohjelma osasi lukea Microstationista tuotettuja 2D-tiedostoja, jotka toimisivat vastinpisteinä mallin siirtoon oikealle paikalle.



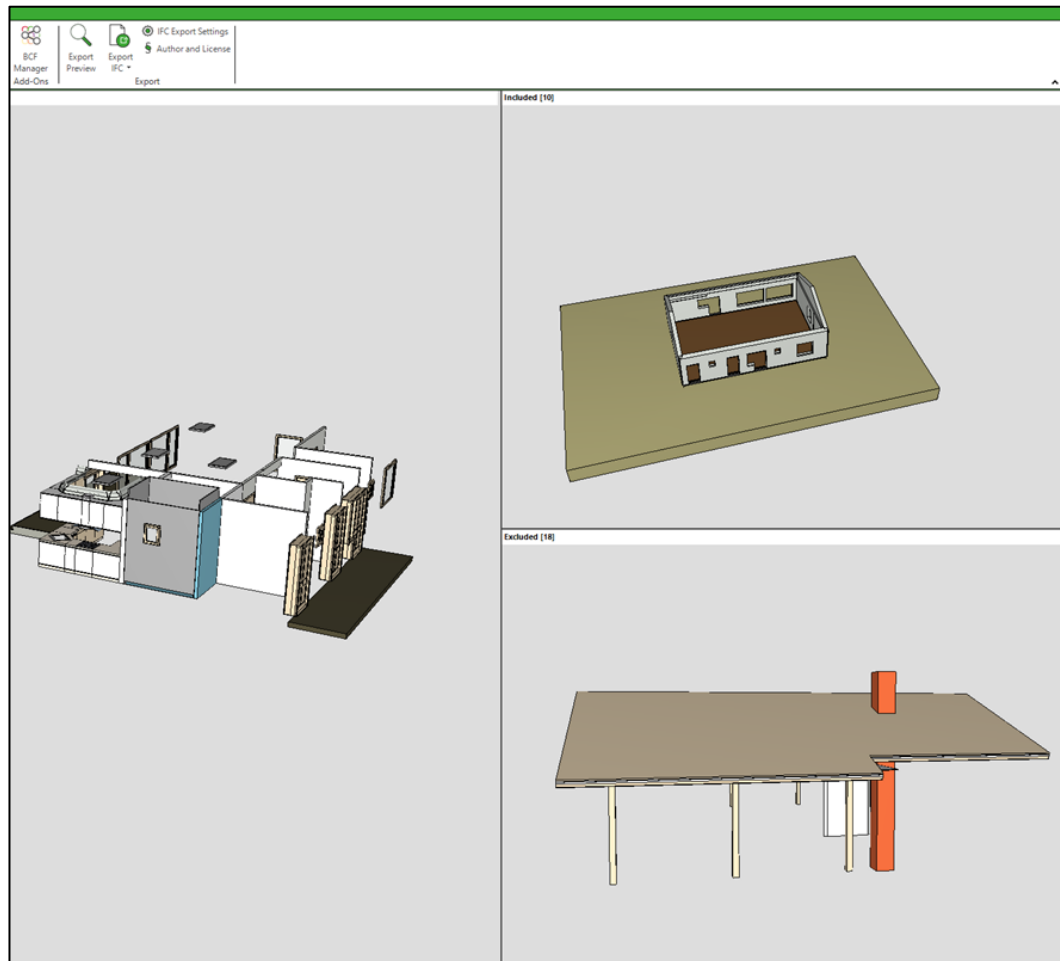
Kuva 18. Tekla Structuresin valikko projektin vastinpisteen luomiselle.

Ohjelma on tarkoitettu käytettäväksi niin, että malli siirretään vastinpisteellä ja kiertokulmalla todelliseen sijaintiin. Raahaaminen todelliseen sijaintiin on ongelmallista, objektit eivät esimerkiksi piirry oikein ohjelmaan, kuten kuvan 18 alareunan virhetekstissä näkyy. Lähellä mallin origoa on mallin ”origopiste”, ja tälle voi ohjelmassa määrittää vastinpisteen. Lisäksi määritellään kiertokulma suhteessa todelliseen pohjoiseen.

### 7.1.2 Simplebim

Simplebim taas on tietomallin rikastamiseen tai karsimiseen luotu ohjelma. Ohjelmassa on olemassa mallin sijainnin siirtoon tarkoitettuja työkaluja, joilla pärjää yksinkertaisissa sijainnin määryyksissä. Simplebim ei osaa lukea kuin tietomalliformaattia, joten referenssipisteiden tuominen halutussa koordinaatistossa ei myöskään onnistu. Simplebimillä on mahdollista karsia mallia ja luoda erilaisia tasonäkymiä. Karsiminen tapahtuu raahaamalla objekteja sisällytettyihin tai poistettaviin objekteihin. (Kuva 19.) Haluttujen objektien valitsemisen voi tehdä

esimerkiksi hiirellä raahaamalla. Mikäli referenssitiedot saataisiin kaikki tietomallimuotoon, ohjelman siirtotyökalu voisi riittää sellaisenaan.

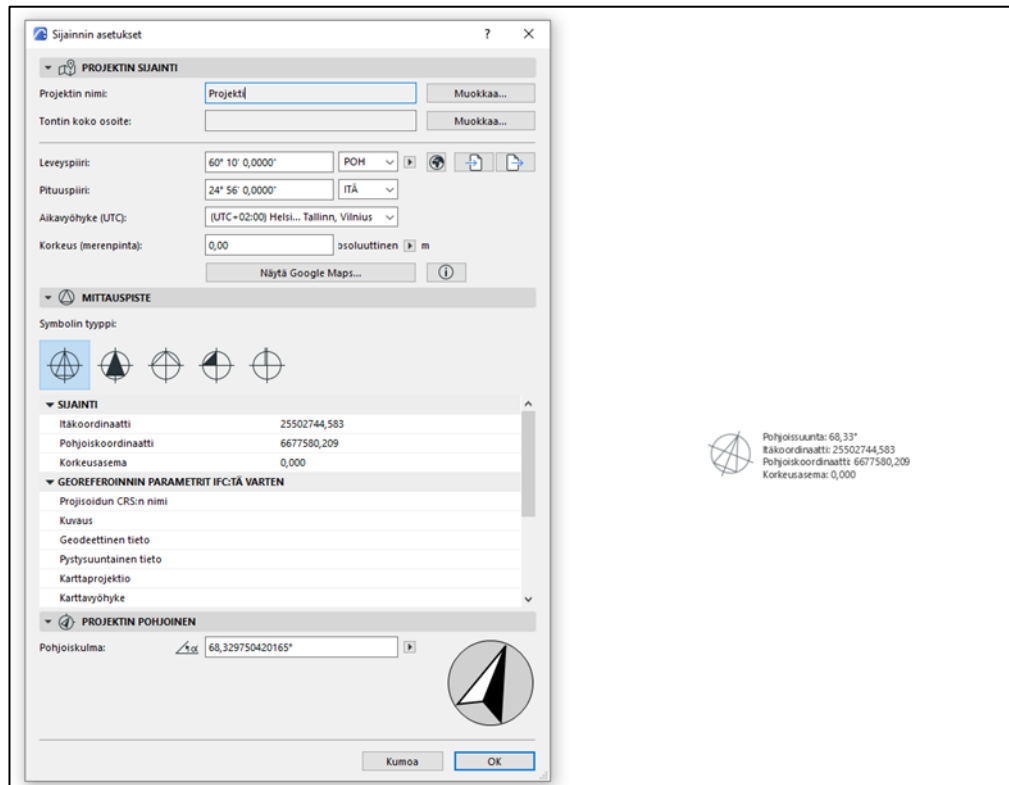


Kuva 19. Mallin karsimista Simble BIM-ohjelmassa. Oikealla ylhäällä on sisällytyt objektit ja oikealla alhaalla poistuvat objektit (Metropolian opetusmalli).

### 7.1.3 Archicad

Archicad on mallinnusohjelma, kuten Tekla Structures. Archicadilla onnistui dwg:n lukeminen referenssiksi ja IFC-mallin siirto onnistui varsin havainnollisesti. Tallennus itse todelliseen sijaintiin onnistui myös, mutta ohjelma kaatui useasti, kun mallia siirrettiin todelliseen sijaintiin. Siirto todelliseen sijaintiin kuitenkin onnistui paremmin kuin Tekla Structuresilla. Archicadissa on myös vaihtoehtona Tekla Structuresin tapaan vastinpistemäärittely mallin todellisen sijainnin siirtoa varten (kuva 20). Mittapisteelle (kuva 20) voi määrittää koordinaatit,

jolloin kaikelle muulle määritetty myös koordinaatit. Projektille voi myös määrittää näytöltä projektin kiertokulman.



Kuva 20. Kuvassa Archicadin mittauspisteen määrittämisvalikko.

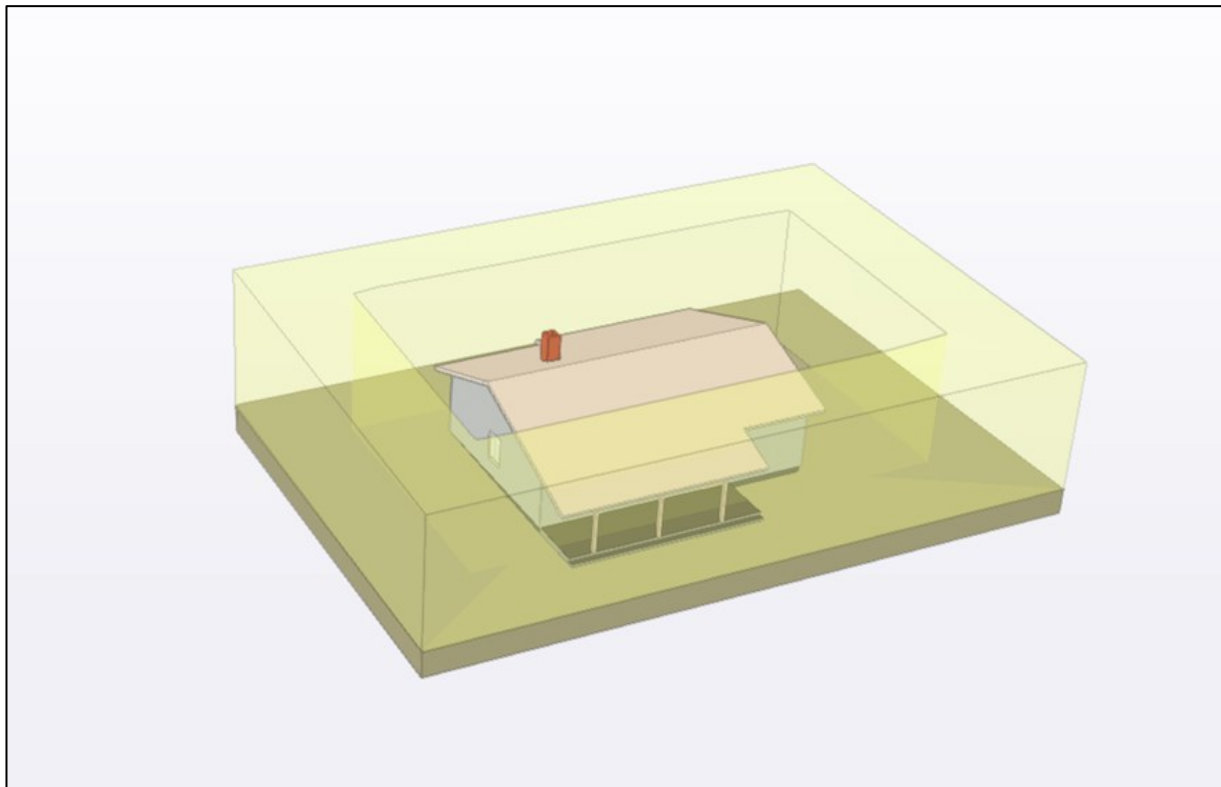
#### 7.1.4 Trimble Business Center

Trimble Business Center on monipuolinen laskentaohjelma, johon on lisätty myös IFC-tiedoston luku ja tallennus. Trimble Business Centeriin on mahdollista tuoda referenssiksi dwg-tiedostoja. Mallia oli mahdollista liikutella CAD-ohjelmien tavoin vastinpisteisiin Helmert-periaattella. Lisäksi ohjelmalla on muuta käyttöä mallin käsittelyn lisäksi. Mallin siirtoa ohjelmalla on selvitetty tarkemmin luvussa 8.

#### 7.1.5 Blender

Blender on 3D-mallintamiseen tarkoitettu avoimen lähdekoodin ohjelma [14]. Blenderiin on julkaistu lisäosana BlenderBim, joka antaa ohjelmalle

mahdollisuuden tietomallintamiseen. Ohjelma pystyy myös tallentamaan IFC-muodossa, jolloin se voisi olla vartenotettava ohjelma, mikäli tarvitsee mallintaa esimerkiksi rakennusalueen rajoja törmäystarkasteluun (kuva 21). Esimerkki mallintamisesta on näytetty tarkemmin luvussa 8.



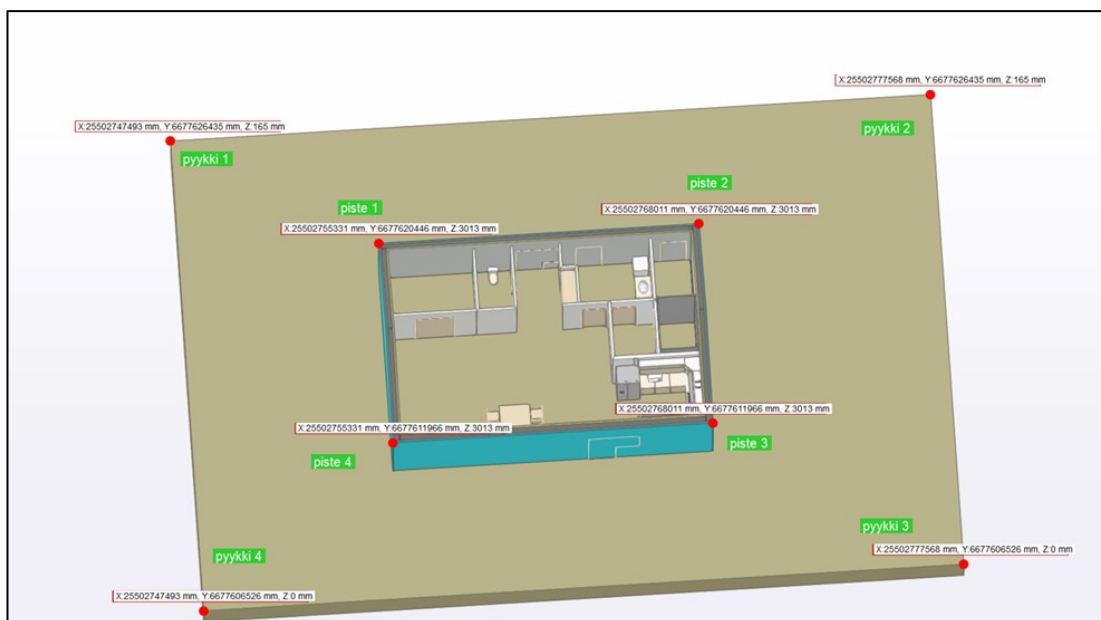
Kuva 21. Kuvassa on mallinnettu Blender-ohjelmalla rakennusalueiden rajat yhdeksi kolmiulotteiseksi alueeksi (Metropolian opetusmalli).

#### 7.1.6 Solibri

Solibri on tietomalliohjelma tietomallien tarkasteluun. Ohjelmasta on olemassa ilmainen versio Solibri Anywhere, joka mahdollistaa mallin tarkastelun [15]. Maksullisessa versiossa on mahdollista suorittaa myös mallien törmäystarkasteluja. Törmäystarkastelut ovat siitä mielenkiintoinen ominaisuus, että sen avulla voisi myös saada automaattisesti esimerkiksi rakennusalueen rajojen ylitykset. Törmäystarkastelu vähentää myös rakennusvalvonnan manuaalisen tarkastuksen tarvetta.

### 7.1.7 Trimble Connect

Trimble Connect on Solibrin tapaan katseluun, kommunikointiin ja tiedon katseluun tarkoitettu tietomalliohjelma [16]. Trimble Connectista on myös saatavilla ilmainen versio, jolla voi katsella ja kommentoida mallia (kuva 22). Rajoitteena ilmaisessa versiossa on, että ei pysty luomaan rajatonta määrää projekteja. Jokainen uusi hanke vaatisi siis uuden projektin, jolloin ilmaisen version projekti määrä ylittyy jo päivän aikana. Käytännössä siis langaton tiedonsiirto mittalaitteelle tarvitsisi ainakin yhden maksullisen version. Trimble Connectilla on mahdollista tarkistaa mallista mittoja tai tarvitsemiaan tietoja. Tarvittaessa voi myös luoda näkymän mallista ja lähettää sen eteenpäin.



Kuva 22. Trimble Connectilla tehty kommentteja tietomalliin. Malliin on kirjoitettu kommentteiksi kuvitteelliset pyykkien ja nurkkien sijainnit (Metropolian opetusmalli).

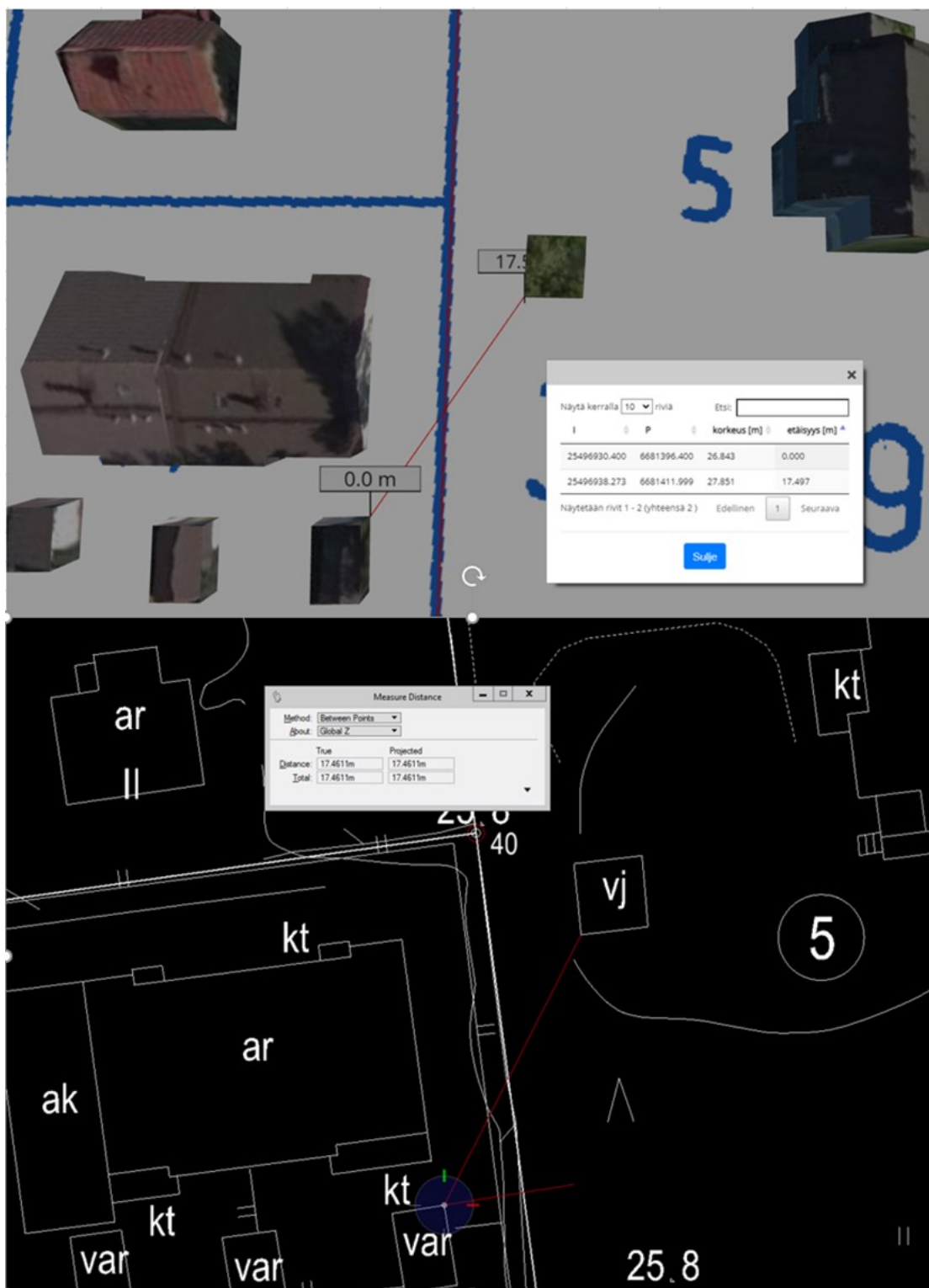


## 8 Rakennuslupaprosessi tietomallipohjaisesti

### 8.1 Sova3D

Sova3D on lupapisteeseen tullut 3D BIM -laajennus [17]. Sova3D:hen on mahdollista istuttaa lupahankkeen ifc-malli. Taustalle saa kantakartan sekä asema-kaavan. Kantakartan rakennukset ovat kantakartasta kohotettuja 3d-objekteja. Sova3D:llä on myös mahdollista mitata suoraan sen omalla käyttöliittymällä (kuva 23). Tätä mittausominaisuutta rakennusvalvonta voisi käyttää yksinkertaisimmissa tapauksissa, mikäli mittausominaisuutta kehitettäisiin.

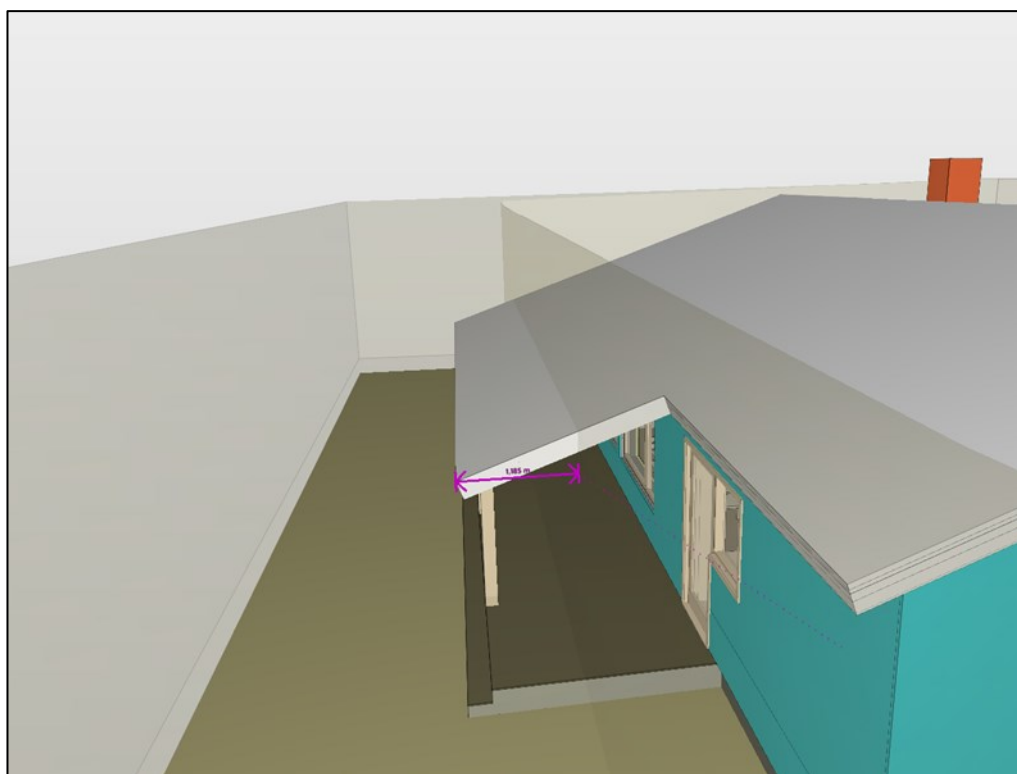
Rakennusvalvonnan voisi olla järkevää edelleen pyytää sijaintilausuntoa aikaisempaan tapaan. Esimerkiksi tapauksissa, jossa rakennetaan rajalle, koska mittatarkkuus ei välttämättä riitä toteamaan, onko rakennus oman tontin puolella. Testimittauksissa mittaustulokset erosivat muutamia senttejä laskentaohjelman (Microstation) ja Sova3D:n välillä (kuva 23). Ero mittaustulosten välillä johtuu siitä, että Sova 3D ei anna käyttäjälle tietoa siitä, milloin käyttäjä on tarttunut rakennuksen reunaan tai nurkkaan.



Kuva 23. Kuvassa on mitattu samojen rakennusten välit Sova 3D:llä ja Microstation-ohjelmalla. Mittauksille eroa tuli 36 millimetriä (Kantakartta, Helsingin kaupunki).

## 8.2 Sijaintilausunto, maastoonmerkintä ja sijaintikatselmus

Kun kaikki aineisto saadaan tietomallimuotoon, sijaintilausunnon rooli muuttuu. Rakennusalueiden ylitykset saataisiin suoraan törmäystarkasteluilla tai tutkimalla ja mittaamalla esimerkiksi Solibri-ohjelman avulla (kuva 24). Rajojen ylitykset saataisiin myös suoraan törmäystarkasteluiden avulla. Rakennuksen malliin voisi myös mallintaa alueen, joka olisi ulottuvuudeltaan varoetäisyyksien vähimmäismäärä. Tällöin törmäystarkasteluissa tulisi suoraan esille kantakartan rakennukset, jotka ovat liian lähellä hankkeen rakennusta. Sijaintilausunto voisi muuttua esimerkiksi kaavatietojen mallintamiseksi, tällöin saataisiin lausunto kerrallaan kaavatietoja koneluettavaan muotoon.



Kuva 24. Kuvassa on Solibri-ohjelmalla mitattu kuvitteellisen rakennusalueen rajan ylitys (violetilla). Ohjelmassa rakennusalueen raja on asetettu läpinäkyväksi (Metropolian opetusmalli).

Maastoonmerkintä ja sijaintikatselmus tulisi edelleen menemään aikaisemmin luvussa 5 mainitulla tavalla. Toisin sanoen hankkeen malli saadaan suoraan lupapisteestä. Tämä malli siirretään mittalaitteeseen ja siitä merkitään tarvittavat

merkit tontille. Sijaintikatselmuksessa verrataan mallia suoraan maastossa olevaan rakennukseen.

### 8.3 Prosessin kulku tietomallipohjaisesti

Prosessi on mahdollista toteuttaa monella eri tavalla (kuten edellisissä luvuissa on kuvattu), mutta seuraavana kuvataan, miten eri työvaiheet voisi mennä. Prosessi alkaa, kun suunnittelija tilaa karttakorista rakennuslupakartan. Tämän jälkeen kantakartan ajantasaisuus tarkistetaan ja kantakartan havaitut virheet korjataan. Myöhemmin rakennusvalvonta pyytää sijaintilausunnon, jossa laskija mallintaa rakennusalueen rajat ja kohottaa kantakartan rakennuksista 3D-objektit. Näin saadaan pikkuhiljaa kaavatietoja koneluettavaan muotoon. Laskija myös tarkistaa, että tontti on oikea ja että malli on georeferoitu oikein. Lopuksi laskija tallentaa nämä tiedot sijaintilausunnoksi osaksi luvan liitteitä, josta rakennusvalvonta voi liittää nämä objektit yhteen luvan mallin kanssa ja tarkastella yhdistelmämallia. Rakennusvalvonta saa rakennusalueiden ylitykset ja etäisyydet törmäystarkasteluilla tai yhdistelmämallista mittaamalla.

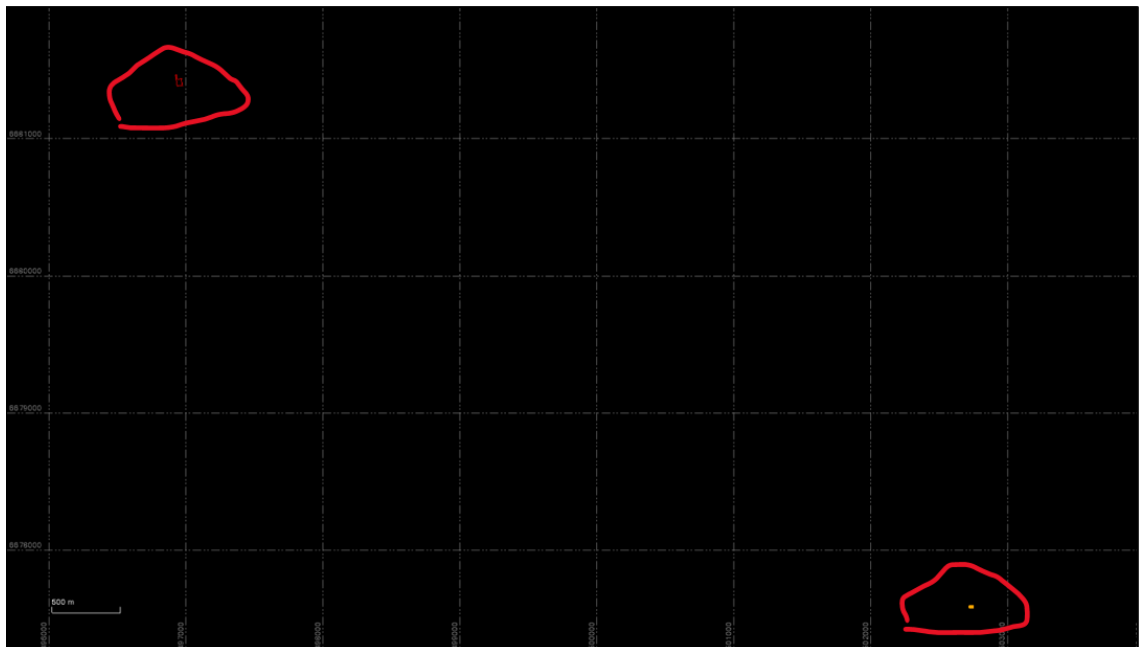
Hankkeen saatua rakennusluvan asiakas tilaa maastoonmerkinnän. Tilaus etenee laskijalle, joka lähettää asiakkaalle liitekuvan ja koordinaattilistauksen rakennuksen päänurkista ja tontin pyykeistä. Kun asiakkaan toiveet on saatu selville, laskija kokoaa tarvittavat tulosteet ja tiedot kartoittajille. Kartoittaja siirtää lupahankkeen tietomallin maastotietokoneeseen ja käy mittaamassa sovitut merkit maastoon.

Myöhemmin asiakas tilaa kohteelle sijaintikatselmuksen. Tilauksen saapumisen jälkeen kartoittaja käy mittaamassa rakennuksen sijainnin ja korkeusaseman vertaamalla rakennusta suoraan hankkeen tietomalliin. Mittausten tulokset raportoidaan lupapisteeseen, jolloin rakennuslupahanke on mennyt läpi prosessin.

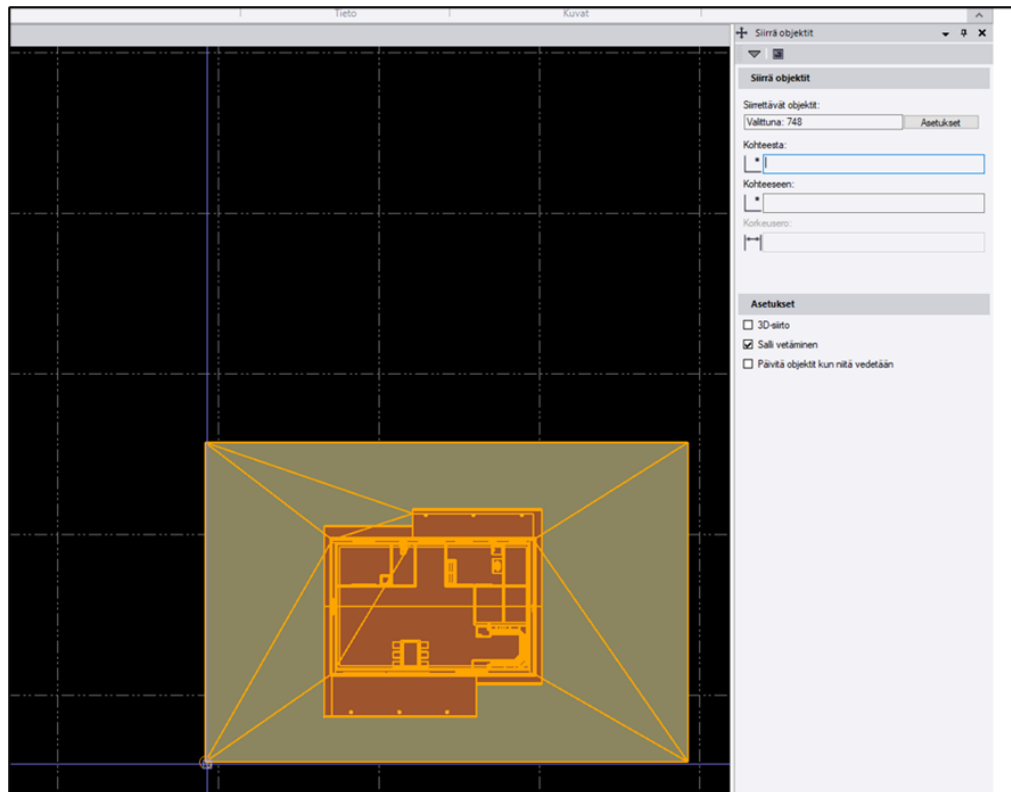
## 9 Tietomallin käsittelyesimerkkejä

### 9.1 IFC-mallin siirto

Seuraavaksi kuvataan, kuinka IFC-mallin siirtäminen tapahtuu Trimble Business Center -ohjelmalla. IFC-malli siirretään paikallisesta koordinaatistosta hankkeen koordinaatistoon. Käytännössä prosessi on samanlainen kuin dwg-tiedostoilla. Aluksi raahataan ohjelmaan vastinpisteet halutussa koordinaatistossa. Tämän jälkeen raahataan haluttu malli ohjelmaan. Malli ja vastinpisteet näkyvät tällöin kaukana toisistaan (kuva 25). Tämän jälkeen valitaan koko malli ja tartutaan mallista haluttuun pisteeseen, jolle löytyy vastinpiste (kuva 26).

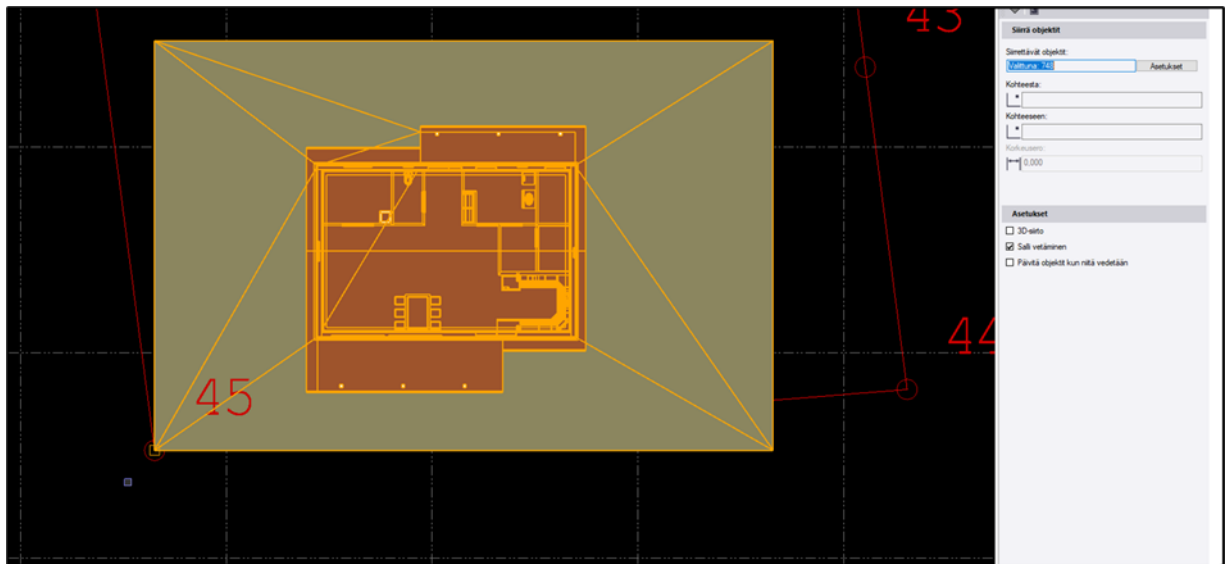


Kuva 25. Trimble Business Centeriin on kuvassa tuotu vastinpisteet ja IFC-malli.



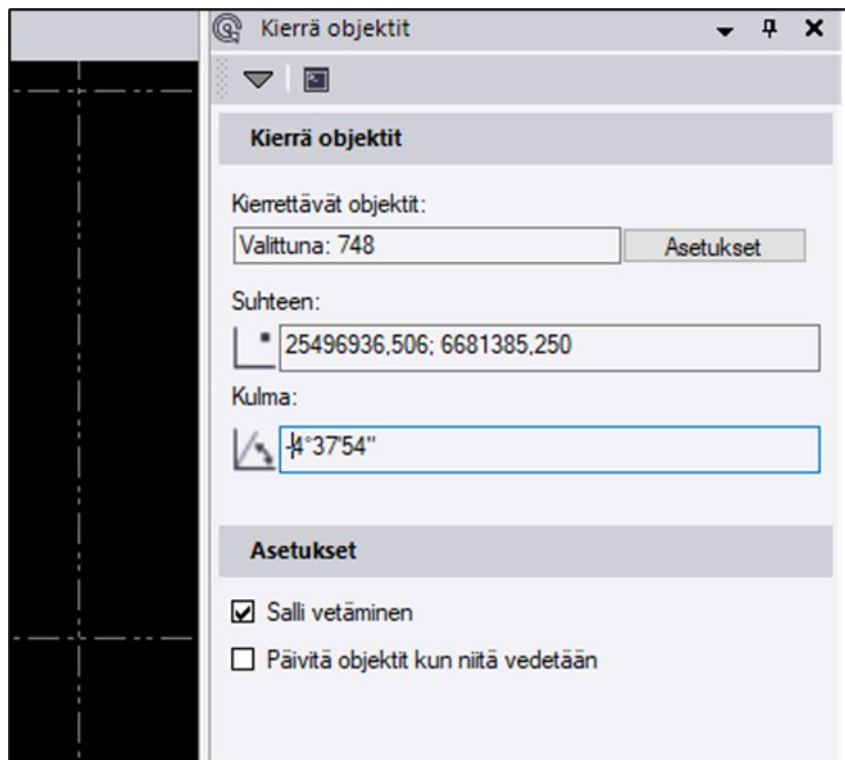
Kuva 26. Kuvassa on valittu koko malli ja tartuttu tontin nurkkapisteeseen (Metropolian opetusmalli).

Tämän jälkeen tupla painalletaan hiiren rullaa, jolloin saadaan jälleen kuvan 25 mukainen näkymä säilyttäen edelleen koko mallin valinta. Tämän jälkeen raahataan mallia halutun vastinpisteen kohdalle (kuva 27).

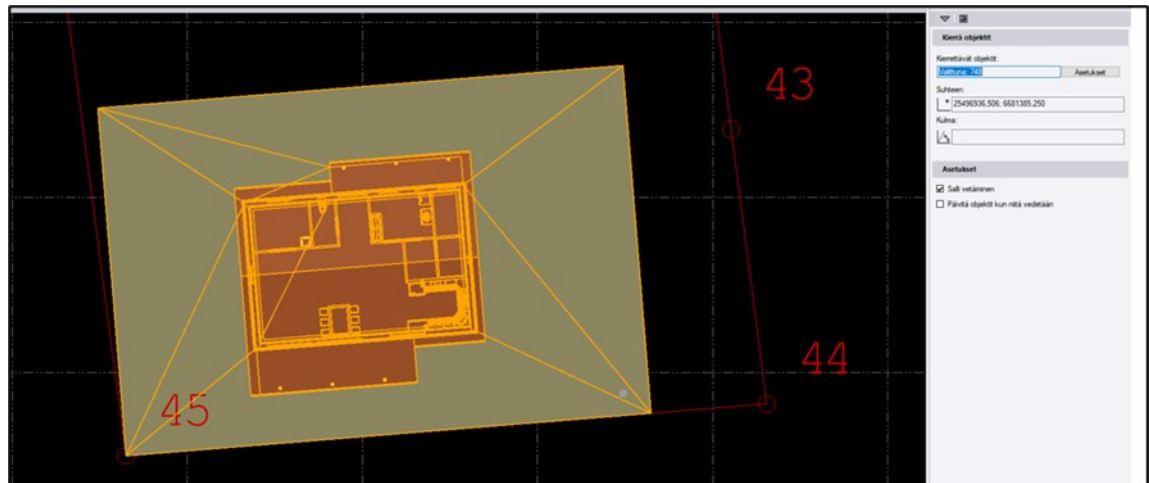


Kuva 27. Kuvassa on raahattu malli halutun vastinpisteen päälle. Kuvassa on kuvitteellinen tontti pyykkinumeroineen. (Metropolian opetusmalli.)

Tämän vaiheen jälkeen malli on vielä kiertynyt väärään asentoon suhteessa vastinpisteisiin. Tässä eteläinen tontin rajaviiva käännetään vielä pisteiden 45 ja 44 muodostaman suoran suuntaiseksi. Malli käännetään oikeaan asentoon kiertymällä pisteen 45 ympäri (kuva 28). Tämän jälkeen tulee määrittää kulma, jolla mallia kierretään. Kulman voi mitata ja kirjoittaa valikkoon. Vaihtamalla kulman eteen miinuksen voi kierron suuntaa vaihtaa (kuva 28).



Kuva 28. Objektin kiertovalikko, vaihtamalla kulman etumerkkiä voi vaihtaa kiertosuuntaa.

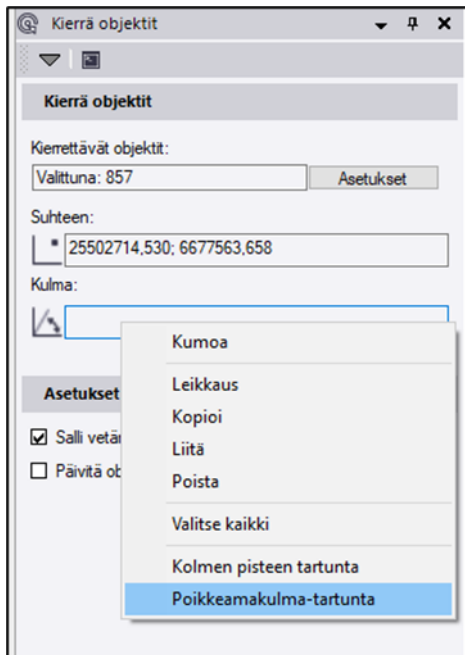


Kuva 29. Kuvassa valmiiksi oikeaan asentoon kierretty malli. Tontti on eri kokoinen tietomallin tonttiin nähden, jotta kuvasta saa selvää. Oikeassa hankkeessa tontit ovat samankokoiset. (Metropolian opetusmalli).

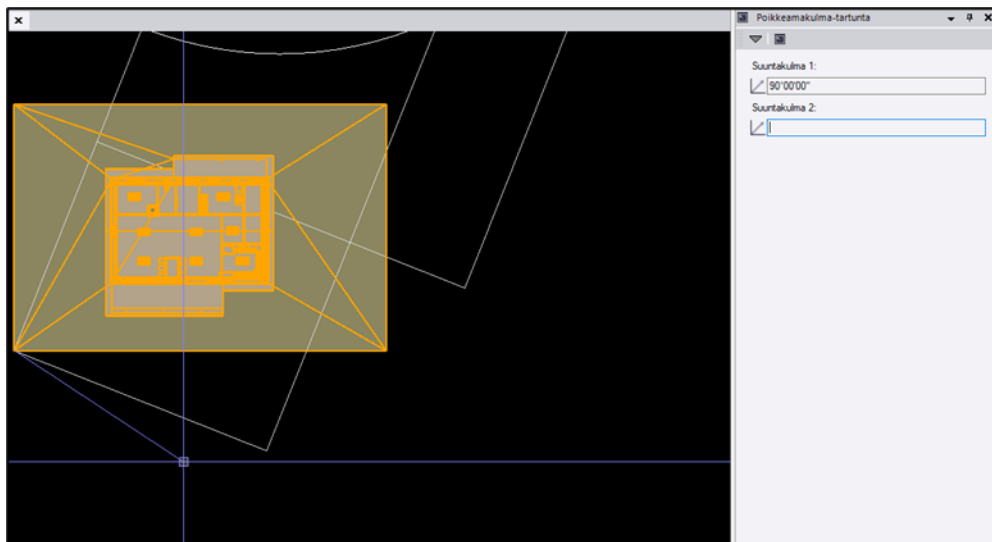
Painamalla alhaalta käytä (oikeasta alakulmasta), ohjelma kääntää mallin halutulla kulma-arvolla (kuva 29). Vaihtoehtoisesti voi kulmakohdasta painaa hiiren oikealla (kuva 30), jolloin aukeaa kulman määrittämiseen alivalikko. Tästä



valikosta valitaan ”Poikkeamakulma-tartunta” -vaihtoehto. Tämän jälkeen ruudulta pääsee valitsemaan kahden vektorin suuntakulman (kuva 31). Valinta määrittää siis kahden suuntakulman erotuksen.



Kuva 30. Kuvassa on kulman määrittämislle alivalikko. Tässä on valittu Poikkeamakulma-tartunta.

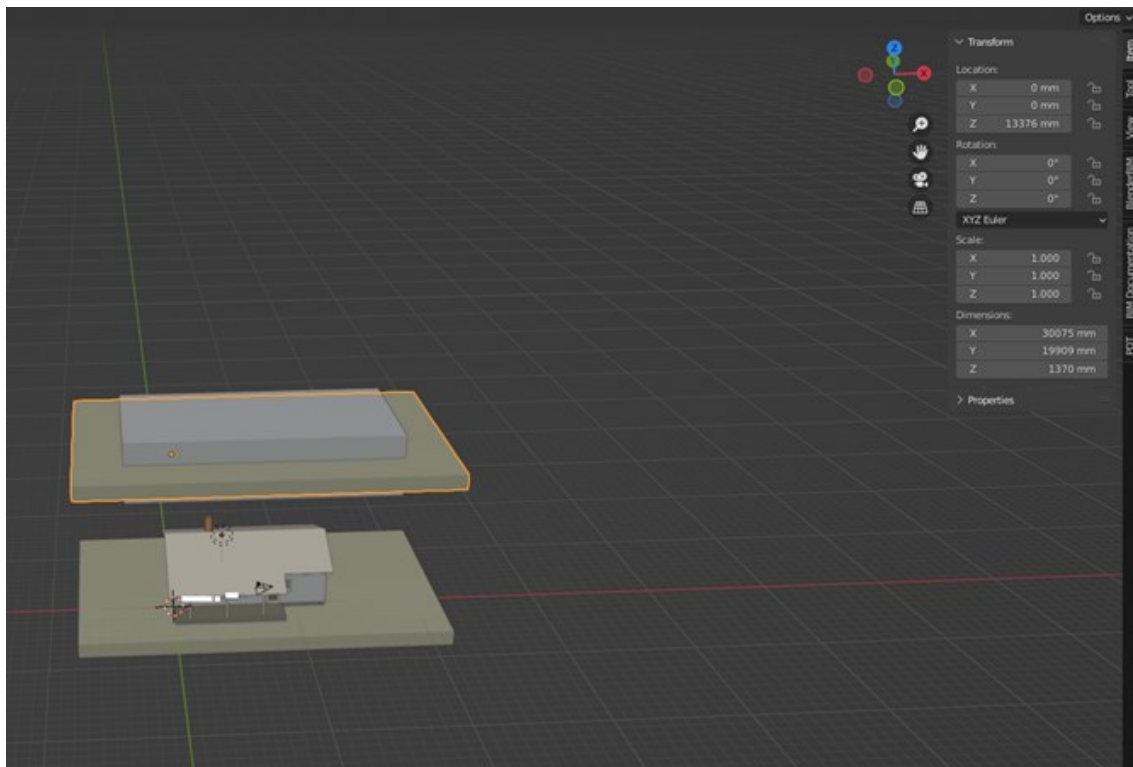


Kuva 31. Kuvassa poikkeamakulma-tartunnan valikko. Kuvassa määritetään halutut suuntakulmat (Metropolian opetusmalli).

## 9.2 Rakennusalueen mallintaminen IFC-muotoon

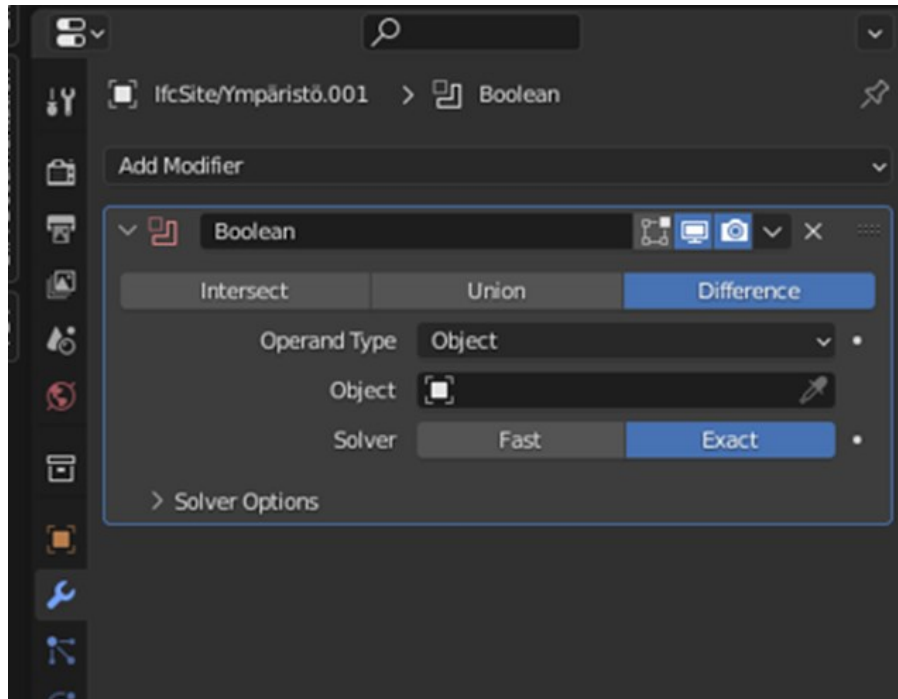
Rakennusalueet voi mallintaa 3D-muotoon, jolloin niiden tarkastelu tietomallin katseluohjelmalla on havainnollista. Seuraavaksi esitetään periaate, jolla voitaisiin mallintaa rakennusalueen raja. Esimerkissä on käytetty Blender-ohjelmaa.

Aluksi tontin mallin voi kopioida valitsemalla sen ja painamalla shift+D -näppäinyhdistelmää. Tämän jälkeen valinnan ollessa edelleen päällä painetaan G-näppäintä, jolloin päästään siirtämään tonttia. Seuraavaksi painetaan Z-näppäintä, jolloin siirron suunta lukittuu z-akseliin. Hiirellä viedään kopioitu tontti haluttuun kohtaan. Tämän jälkeen mallinnetaan objekti, joka on rakennusalueiden rajojen verran sisempänä. Mallinnettu objekti siirretään halutun etäisyyden kopioidun tontin reunasta sisään päin, kopioidun mallin keskelle. Objektit siirretään lopuksi sisäkkäin (kuva 32).



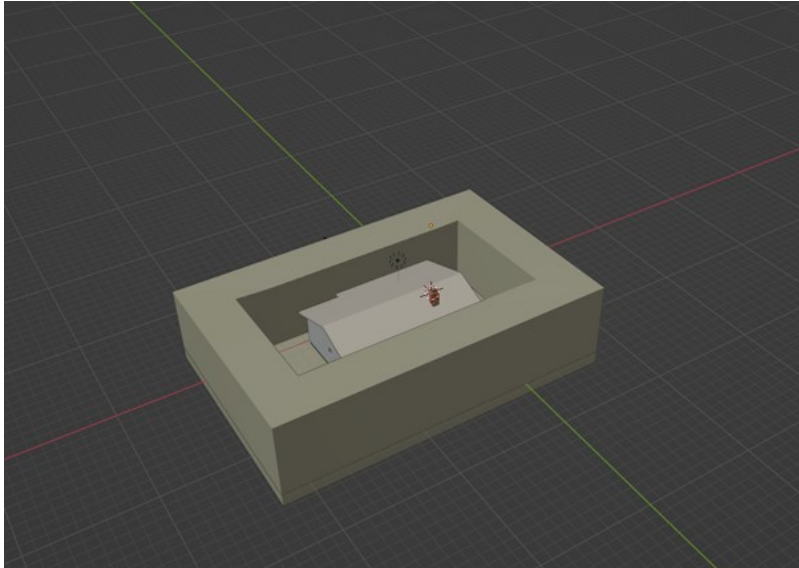
Kuva 32. Kuvassa on kopioitu hankkeen tontti ja mallinnettu rakennusalueiden mittojen mukaan toinen objekti. Objektit on asetettu sisäkkäin (Metropolian ope- tusmalli).

Seuraavaksi leikataan mallinnetulla objektilla kopioitu tontin malli. Jäljelle jää rakennusalueen rajat. Leikkaus suoritetaan Boolean-toiminnolla (kuva 33). Jäljelle jäävä tontin kopio tulee olla valittuna, kun Boolean-toiminnon valitsee. Valikon object-kohdasta valitaan leikkaava objekti.



Kuva 33. Boolean toiminnon valikko.

Lopuksi valikosta valitaan hyväksy, jolloin ohjelma leikkaa kopioidusta tontista mallinnetun muotoisen aukon. Jäljelle jää siis rakennusalueen rajat. Alueen korkeutta voi muuttaa valitsemalla kohteen ja painamalla N-näppäintä. Lopuksi rakennusalueen raja siirretään takaisin rakennuksen ympärille (kuva 34).



Kuva 34. Kuvassa valmiiksi mallinnetut rakennusalueen rajat.

Käytännössä rakennusalueen rajat voisi piirtää valmiiksi jo esimerkiksi Microstationilla ja tuoda sieltä esimerkiksi obj-tiedostomuodossa Blenderiin. Tämä voisi olla järkevää, mikäli tontin muodossa on kaarevia muotoja. Laskentaohjelmalla muodot saa nopeammin piirrettyä, jonka jälkeen ulottuvuudet voi venyttää 3D-objekteiksi.

## 10 Yhteenveto

### 10.1 Ohjelmien valinta ja kommentit

Ohjelmistoiksi valikoitui Trimble Business Center, sekä ilmaiset katseluohjelmat Solibri ja Trimble Connect. Lisäksi mallintamiseen tarkoituksiin valikoitui vapaan lähdekoodin Blender. Ohjelmilla saa tehtyä tarvittavat toimenpiteet, kuten mallin siirron ja alueiden mallintamisen tarvittaessa. Käytännössä siis ohjelmat turvaavat mallien käsittelyn, mikäli siihen tulisi tarvetta. Testatut tietomalliohjelmat eivät tutustumisen aikana tuntuneet järkeville vaihtoehdoille. Ongelmina oli, etteivät ohjelmat joko antaneet liikuttaa mallia havainnollisella tavalla tai ne eivät tukenet Microstationin tukemia tiedostomuotoja. Ohjelmien valintaan vaikutti vahvasti omat käyttökokemukseni, joten on mahdollista, että testeissä ei tullut esille ohjelmien täyttä potentiaalia.

Sova3D:n mittaustyökaluun voisi lisätä uusia ominaisuuksia, kuten esimerkiksi jonkin visuaalisen merkin, kun käyttäjä on tarttunut mitattavaan kohteeseen. Tällä hetkellä mittaustyökalua voisi käyttää harkiten. Tämä vähentäisi erilaisten lausuntojen tarvetta. Käytännössä niin kauan, kuin kaikki lupaan vaadittavat tiedot eivät ole tietomalliformaatissa, Sova3D:tä voisi mahdollisesti käyttää harkiten suoraan mittaamiseen (esimerkiksi rakennusalueiden ylityksien tai rakennuksien etäisyyksien arviointiin).

### 10.2 Hyötyjä ja ongelmia

Tällä hetkellä rakennusten mitat, korkeusasemat ja muut tiedot ilmoitetaan erillisillä tulosteilla. Ilmeisin hyöty siirryttäessä IFC-malleihin on niiden tarjoama havainnollisuus. Lisäksi mitoitustiedot ovat mallista luettavissa suoraan, eikä tällöin suunnittelijan tai lausunnon antajan tarvitse käyttää aikaa mittajanojen tekkoon. Toisin sanoen käsityö vähenee huomattavasti.

Toiseksi, piirustuksista ei tarvitse enää tulkita, pitävätkö mittajannot paikkansa. Mittajanoja tehdään käsityönä mallista tai vektoriaineistosta, jolloin virheiden mahdollisuudet lisääntyvät. Mittajanoja tehdessä on mahdollista, että tekijä

tarttuu väärään kohtaan vektoriaineistossa, jolloin mittajanan arvo ei pidä paikkaansa.

Toinen ongelma on, että mittajانات voivat näyttää päällisin puolin paikkansa pitäviltä, mutta todellisuudessa ne ovatkin erisuuntaisia kuin mitoitettava kohde. Suuntaisuuden merkitys kasvaa mitä pidempää mittajanaa hankkeen kuvaamiseen tarvitaan. Esimerkiksi jos mittajanan suuntaisuus poikkeaa 0,1 astetta 30 metrin matkalla, tällöin päädytään noin 5 cm eri sijaintiin. Mikäli rakennusten monet seinien väliset kulmat poikkeavat suorasta kulmasta, niin tällöin ei riitä, että kulmat ilmoitettaisiin esimerkiksi yhden desimaalin tarkkuudella. Edellisessä tilanteessa ollaan jo nopeasti siinä, että rakennuksen muoto ja koko ei ole yksiselitteinen ja laskenta lähes mahdotonta.

Mikäli virheitä sattuu muutamakin mitoitukseen, rakennuksen sijainnin ja koon laskeminen hankaloituu huomattavasti. Käytännössä rakennus on laskettava tontille kokeilemalla. Ratkaisuksi löytyy usein sijainti, jossa muut mitat toimivat keskenään, mutta yksi mitta ei voi olla voimassa samaan aikaan muiden kanssa. Menetelmä on varsin työläs siihen nähden, että rakennuksista on olemassa jo dwg-kuva tai mahdollisesti jopa tietomalli. Rakennukset lasketaan tontille myös moneen kertaan, jolloin turhan työn määrä on varsin ilmeinen. Käytännössä siis jo pelkästään sähköisen version saaminen rakennuksesta on parannus nykyiseen.

Suurimpia ongelmia on se, että kaikki tieto ei ole samassa formaatissa. Toisin sanoen käsityötä joutuu edelleen tekemään eri aineistojen yhteensovittamisessa. Toinen on ohjelmien ominaisuuksien hajanaisuus, joka kiteytyy ohjelmien kykyyn tallentaa IFC-muodossa. Toisaalta taas ohjelmat, jotka taas mallintavat, eivät pysty käsittelemään suuria numeroita. Laskentaohjelmat ovat mallintamisohjelmia täsmällisempiä ja helpompia tarkoissa siirroissa, koska ne on alun perinkin siihen tehtävään luotu. Kolmanneksi on vaikeaa siirtyä uusiin ohjelmiin, kun koko työprosessi on sitoutunut käyttämään yhtä laskentaohjelmaa.

### 10.3 Edellytyksiä ja jatkotutkimuksia

Tietomallipohjainen rakennuslupaprosessi vaatii ennen kaikkea koulutusta. Tietomalleista tarvitaan yleistä tietoa, eli mitkä ovat tietomallien rajoitteet ja mahdollisuudet. Toisaalta tarvitaan myös yksityiskohtaista koulutusta, esimerkiksi millä ohjelmistolla malleja käsitellään ja miten. Täytyy myös sopia yhteiset toimintatavat, eli millaisiksi esimerkiksi lausunnot muovautuvat vai tarvitaanko niitä ollenkaan. Ennen kaikkea tarvitaan halua muutokseen tai vähintään avoimuutta uusien toimintatapojen hyväksyntään.

Jatkossa voisi miettiä, voisiko vanhat asemakaavat tulkita yksiselitteisiksi kone-luettavaan muotoon. Tällöin ei tarvitsisi enää tulkita vanhoja kaavoja, vaan niiden numeeriset arvot voitaisiin lukea suoraan ilman käsityötä. Tämä myös tekisi lupaprosessista reilun ja nopeamman, koska tulokset eivät tällöin muuttuisi riippuen eri henkilöiden tulkinnoista. Tällöin mitoitukselta ei tarvitsisi tehdä lausuntoa ollenkaan, vaan sijaintitiedot saataisiin suoraan sähköiseltä työpöydältä tai katseluohjelmasta.

Myöhemmin voisi jatkotutkimuksena selvittää, pystyykö sijaintikatselmuksia keventämään esimerkiksi laserkeilauksen avulla. Nyt on olemassa jo ohjelmistoissa valmiuksia, joilla voitaisiin verrata laserkeilausaineistoa suoraan malliin ennalta määrättyllä toleranssilla. Tämä saattaisi helpottaa esimerkiksi sijainnin poikkeaman esitystä. Nykyään sijainnin poikkeamaa pyritään esittämään mittajanoilla, joissa on samat aikaisemmat ongelmat. Mittajanoja pitää siis osata tulkita ja ne pitää osata esittää niin, että ne ovat mahdollisimman selkeät.

### 10.4 Oma työskentely

Oma työskentely sujui varsin hyvin. Ongelmia tuli lukuisten ohjelmien toimintaperiaatteiden tutustumisessa. Kaikkia toimintoja ei ollut ajan vuoksi mahdollista käydä läpi, ja varmasti jäi oleellisiakin toimintoja ohjelmista havaitsematta. Tarkastelin ohjelmia oman kokemuksen ja omien kokeilujen pohjalta. Opetuksessa olin perehtynyt pintapuolisesti muutamiin ohjelmiin jo ennakkoon, ja siitä oli paljon apua työtä tehdessä.

Tutkimuksen tulokset perustuvat omiin kokemuksiin sovellusten käyttökelpoisuudesta, eli mitkä ohjelmat tai toimintatavat koin omasta mielestäni parhaiksi. Toisin sanoen joku toinen olisi voinut päätyä erilaiseen tapaan käsitellä tietomalleja rakennuslupahankkeissa. Tutkimus rajoittui myös niihin ohjelmiin, jotka olivat saatavilla ja joihin oli ajallisesti mahdollista tutustua. Myöhemmin tulee varmasti paremmin toimivia ohjelmia, eikä jokaista toimintoa tarvitse tehdä eri ohjelmalla.

Tutkimuksesta olisi voinut saada irti myös enemmän kyselemällä enemmän eri osapuolilta. Käytännössä kuitenkin kyselytutkimukset ja monien ihmisten näkemysten peilaaminen opinnäytetyössä olisi äärimmäisen aikaa vievää. Siksi päädyin tarkastelemaan asiaa itsenäisesti. Tavoitteena oli löytää toimivia ratkaisuja IFC-mallin käsittelyyn rakennuslupahankkeissa, ja mielestäni onnistuin tässä tavoitteessa.



## Lähteet

- 1 Ryhti-hanke. 2021. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/ryhti/>> Luettu 27.12.2021
- 2 Ryhti-esite kunnille. 2022. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/documents/1410903/39234050/Ryhti+kunta-esite+10.3.2022.pdf/be94e79b-862f-c29d-18fe-c4c9f56d76b9/Ryhti+kuntaesite+10.3.2022.pdf?t=1646909319221>> Luettu 28.5.2022
- 3 Buildingsmart Finland. 2022. Verkkoaineisto. Buildingsmart Finland. <<https://buildingsmart.fi/>> Luettu 27.12.2021>
- 4 Yleiset tietomallivaatimukset. 2020. Verkkoaineisto. Buildingsmart Finland. <<https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>> Luettu 21.1.2022>
- 5 Yleiset tietomallivaatimukset, yleinen osuus. 2012. Verkkoaineisto. Buildingsmart Finland. <[https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_1\\_yleinen\\_osuus.pdf/](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf/)> Luettu 3.4.2022
- 6 Yleiset tietomallivaatimukset, lähtötilanteen mallinnus. 2012. Verkkoaineisto. Buildingsmart Finland. < [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/)> Luettu 7.4.2022
- 7 Yleiset tietomallivaatimukset, tietomallien käyttö rakennusvalvonnassa. 2012. Verkkoaineisto. Buildingsmart Finland. < [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/)> Luettu 7.4.2022
- 8 Laurila, Pasi. 2012. Mittaus- kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3.
- 9 Karttakori. 2022. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://www.hel.fi/kaupunkiymparisto/fi/palvelut/palvelukuvaus?id=5381/>> Luettu 10.5.2022
- 10 Rakennuslupakartta ja omistajaselvitys. 2021. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://www.hel.fi/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/tontit/maanmittauspalvelut/Mittauspalvelut+rakentajille/Rakennuslupakartta+ja+omistajaselvitys/>> Luettu 4.2.2022
- 11 Maastoonmerkintä ja sijaintikatselmus. 2021. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://www.hel.fi/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/tontit/maanmittauspalvelut/Mittauspalvelut+rakentajille/maastoonmerkinta-ja-sijaintikatselmus/>> Luettu 4.2.2022

- 12 JUHTA 2014. JHS 185 Asemakaavan pohjakartan laatiminen. Versio 1.0 / 20.3.2013. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta
- 13 Julkisen hallinnon suositukset. 2021. Verkkoaineisto. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. <<https://www.suomidigi.fi/ohjeet-ja-tuki/jhs-suositukset-lakkautetut>> Luettu 25.7.2022
- 14 Blender. 2022. Verkkoaineisto. Blender. <<https://www.blender.org/about/>> Luettu 21.5.2022
- 15 Solibri anywhere. 2022. Verkkoaineisto. Solibri. <<https://www.solibri.com/fi/solibri-anywhere>> Luettu 21.5.2022
- 16 Trimble Connect. 2022. Verkkoaineisto. Trimble. <<https://connect.trimble.com/capabilities>> Luettu 21.5.2022
- 17 Sova3D. 2022. Verkkoaineisto. Sova3D. < <https://sova3d.fi/mitauml-teemme.html#>> Luettu 22.5.2022