

Eero Kivioja

Rakennuksen 3D-mallintaminen

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2016

Rakennuksen 3D-mallintaminen

Kivioja, Eero
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2016
Ohjaaja: Sandberg, Rauno
Sivumäärä: 52
Liitteitä: 5

Asiasanat: rakennussuunnittelu, tarkemittaus, tuotemallintaminen, Autocad, Revit.

Opinnäytetyön kohteena on Porin kaupungin vuonna 1968 valmistunut kiinteistö, jonka tiloissa toimii Satakunnan ammattikorkeakoulun tekniikan Porin yksikkö.

Opinnäytetyössä kohteeseen suoritettiin tarkemittaus, josta saatujen mittatietojen avulla työssä tehtiin tilaluettelo rakennuksen maan päällä olevien kerrosten osalta. Tilaluettelo toteutettiin Excel-taulukkona, johon taulukoitiin tarkemittauksessa saadut tilojen mittatiedot sekä pohjapiirustuksista saadut tilojen tunnisteet.

Kohteen pohjapiirustukset päivitettiin opinnäytetyössä nykyisiä rakenteita vastaaviksi. Pohjapiirustusten päivittäminen tehtiin Autocad 2016-ohjelmaa käyttäen. Pohjapiirustusten päivittämisessä tarvittavien tietojen pohjana käytettiin tarkemittauksessa saatuja tietoja sekä vanhoista pohjapiirustuksissa olevia merkintöjä. Päivitetyt pohjapiirustukset tallennettiin DWG-tiedostomuotoon.

Opinnäytetyössä kohteena olevasta rakennuksesta tehtävä 3D-mallinnus luotiin Autodesk Revit 2016-ohjelmalla. Rakennuksen 3D-mallinnus luotiin työssä päivitettyjen pohjapiirustusten tietojen pohjalta sekä paikanpäällä rakenteita tutkimalla ja mitaamalla. 3D-mallinnuksen tuotokset tallennettiin Autodesk Revit Projekt-tiedostona sekä yleisemmin 3D-tuotemallinnuksessa käytettynä IFC-tiedostona.

Työn kirjallinen osuus käsittelee: rakennuksen historiatietoja, nykyistä rakennuksen toimintaa, tuotemallintamisen vaiheita, etuja sekä mahdollisuuksia rakennushankkeessa, IFC-tiedonsiirtoa ja Talon 2000 nimikkeistön käyttöä osana tuotemallintamista.

3D-modelling of building

Kivioja, Eero

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

January 2016

Supervisor: Sandberg, Rauno

Number of pages: 52

Appendices: 3

Keywords: construction planning, as built measurement, product modelling, Auto-cad, Revit.

The subject of the thesis is a property in the City of Pori graduated in 1968, which premises are operated by Satakunta University of Applied Sciences Pori unit.

The thesis was carried out as built measurement. The measurement data obtained by means of the work was made to floors above the surface. List of spaces was carried out with Excel tables, which obtained the information from built measurements, as well as the space identifier from floor plans, were tabulated.

Building's floor plans were updated in the thesis to answer existing structures. Updating of the floor plans was made using AutoCAD 2016 software. The necessary information for updating the floor plans was obtained from the old floor plans and as built measurements. Updates on the floor plans were saved in the DWG file format.

In the thesis, there was made a 3D modeling of the subject which was created by the Autodesk Revit 2016 software. The building 3D-modeling work was created on the basis of floor plans with updated information and by making measurements in building. 3D modelling output was saved in Autodesk Revit Project file, as well as, more generally in 3D product modeling used file format the IFC product data file.

The written part of the thesis deals with: building's history, the current building activities, building product model phases, benefits and opportunities, IFC exchange format and the use of Talo 2000 nimikkeistö as a part of building product modelling.

SISÄLLYS

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 6 |
| 2 | POJEKTIN TOIMEKSIANTO | 7 |
| 2.1 | Tapaaminen tilaajan kanssa | 7 |
| 2.2 | Aloituspalaveri..... | 7 |
| 2.3 | Työn käyttötarkoitus | 9 |
| 3 | PROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT | 10 |
| 3.1 | Piirustukset..... | 10 |
| 3.2 | Rakennuksen historia | 10 |
| 3.3 | 60-luvun rakentaminen, | 12 |
| 4 | RAKENNUKSEN MITTAAMINEN, PIIRTÄMINEN JA TILALUOTTELON LUONTI | 14 |
| 4.1 | Rakennuksen mittaaminen | 14 |
| 4.2 | Opinnäytetyössä käytetyt mittalaitteet | 15 |
| 4.3 | Pohjapiirustusten piirtäminen AutoCAD 2016:llä..... | 16 |
| 4.4 | Tilaluottelun luominen | 18 |
| 5 | 3D-MALLINTAMINEN AUTODESK REVIT 2016–OHJELMALLA | 19 |
| 5.1 | 3D-mallinnusprojektin luominen | 19 |
| 5.2 | Rakenneosien luominen | 20 |
| 5.3 | Rakenteiden mallintaminen 3D-mallintamisprojektissa | 21 |
| 5.3.1 | Pilarit | 22 |
| 5.3.2 | Perusmuuri | 22 |
| 5.3.3 | Ulkoseinät | 22 |
| 5.3.4 | Väliseinät | 23 |
| 5.3.5 | Ikkunat | 23 |
| 5.3.6 | Palkit | 24 |
| 5.3.7 | Välipohjat | 24 |
| 5.3.8 | Vesikatot | 25 |
| 5.3.9 | Portaat ja hissi | 25 |
| 5.3.10 | Piha-alue | 26 |
| 6 | TUOTEMALLIPOHJAINEN 3D-SUUNNITTELU | 26 |
| 6.1 | Mitä tuotemallipohjainen 3D-suunnittelu on? | 26 |
| 6.2 | Tavoitteet | 27 |
| 6.3 | Tuotemallintamisen edut ja mahdollisuudet. | 28 |
| 6.4 | Rakennuksen 3D-tuotemallintamisen vaiheet..... | 31 |

| | | |
|----------|------------------------------------|----|
| 6.4.1 | Vaatimusmallivaihe | 32 |
| 6.4.2 | Suunnittelumallivaihe | 33 |
| 6.4.3 | Toteutusmallivaihe | 37 |
| 6.4.4 | Toteumamallivaihe | 39 |
| 6.4.5 | Ylläpitomallivaihe | 40 |
| 7 | IFC-TIEDONSIIRTO | 41 |
| 8 | TALO 2000 NIMIKKEISTÖ | 43 |
| 8.1 | Talo 2000 Tilanimikkeistö | 44 |
| 8.2 | Talo 2000 Hankenimikkeistö | 45 |
| 8.3 | Talo 2000 Kuvatasojärjestelmä..... | 46 |
| 9 | YHTEENVETO | 49 |
| 10 | LÄHTEET | 51 |
| LIITTEET | | |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyölle aihe tuli Porin kaupungin tarpeesta saada päivitettyä tietoa Porin kaupungin hallinnoimasta kiinteistöstä. Työn tilaaja oli ollut yhteydessä Satakunnan ammattikorkeakouluun jonka kautta opinnäytetyön aihe tuli oppilaiden tietoon sähköpostitse.

Työn aloituspalaverissa sovittiin mitä tietoja rakennuksesta pitää kerätä ja miten siitä saadut tiedot tullaan esittämään. Opinnäytetyön kohteena olevassa rakennuksessa oli alkamassa hankesuunnitteluvaihe, jonka päätöksien tukemiseksi ja hankeen pohjatielloiksi suoritettiin rakennuksen tarkemittaus sekä luotiin rakennuksesta tilaluettelo, päivitettyt pohjapiirustukset ja 3D-mallinnus.

Opinnäytetyön tekstiosio käsittelee työssä käytettyjä mittalaitteita, tuotemallipohjaisen 3D-mallinnoksen vaiheita, etuja ja mahdollisuuksia sekä tuotemallintamisessa käytettävää IFC-tiedonsiirtoa ja Talon 2000-nimikkeistöä.

Hurjaa vauhtia digitalisoituva maailma on myös rakentamisessa siirtymässä kokonaan digitaaliseen tietojenkäsittelyyn. Yhä enenevässä määrin rakennushankkeissa käytetään tuotemallintamista, sen tuomien tiedon käsittelytapojen helppouden ja suunnittelutiedon tarkkuuden lisääntymisen johdosta. Tulevaisuudessa on mahdollista, että rakennustyömailla ei tarvita lainkaan paperisia tulosteita piirustuksista, vaan kaikki tieto löytyy 3D-tuotemallinnettuna suoraan työmiehen tabletista.

2 POJEKTIN TOIMEKSIANTO

2.1 Tapaaminen tilaajan kanssa

Tilaajan kanssa pidetyssä ensimmäisessä palaverissa Satakunnan ammattikorkeakoulussa 24.3.2015, paikalla oli Porin kaupungin kiinteistöpäällikkö Mikko Viitala ja Eero Kivioja. Palaverissa keskustelimme mahdollisesta työn sisällöstä ja työssä kohteena olevan rakennuksen senhetkisestä tilanteesta ja lähitulevaisuudesta. Tapaamisen aikana keskustelimme myös projektista saatavasta korvauksesta.

24.3.2015 Pidetyssä tapaamisessa ilmeni, että rakennuksessa on koko ajan käynnissä hankesuunnittelu uuden käyttäjän kanssa ja näin ollen rakennukseen olisi tulossa mahdollisia muutoksia. Tällä hetkellä rakennuksessa käyttäjänä oleva Satakunnan ammattikorkeakoulu on siirtämässä toimintansa uusiin tiloihin Porin keskustan Asema-aukiolle, tilojen valmistuttua alustavasti syksyllä 2017.

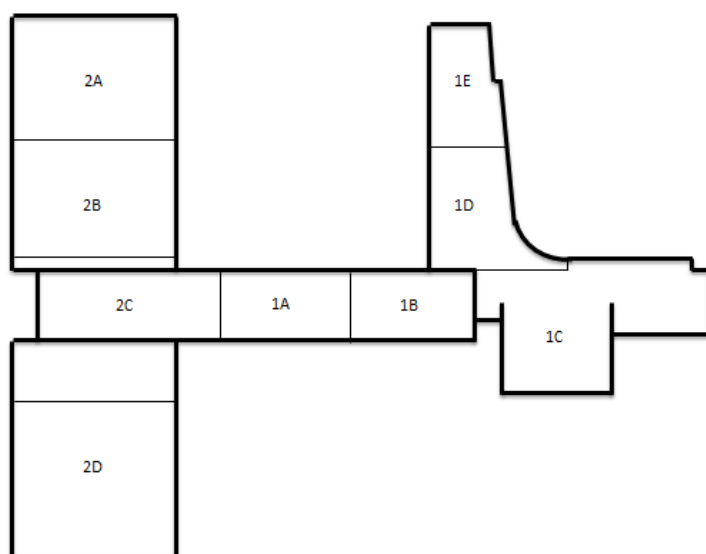
Tilaajalla oli suuri tarve saada vanhasta rakennuksesta paikkaansa pitävää tietoa eri rakenteista ja rakenneosista, jotta tulevan korjaushankkeen suunnittelussa voidaan olla mahdollisimman tarkkoja ja säästyä erilaisilta riskeiltä sekä näin ollen minimoida kustannukset jo hankesuunnittelun aikana.

2.2 Aloituspalaveri

Opinnäytetyöstä pidettiin aloituspalaveri 7.4.2015 Porissa Satakunnan ammattikorkeakoulussa. Paikalla olivat Mikko Viitala, Rauno Sandberg ja Eero Kivioja. Aloituspalaverissa neuvottelimme tilaajan toiveista projektissa ja tehtävän työn laajuudesta sekä työstä saatavasta korvauksesta.

Työssä tilaajana toimivalla Porin kaupungilla oli tavoitteena saada Satakunnan ammattikorkeakoulun Porin tekniikan yksikkönä toimivasta rakennuksesta ja sen tiloista päivitettyt pohjapiirustukset sähköisessä muodossa. Työn suoritteiksi muodostui projektin kohteena olevassa rakennuksessa tarkemmittaus, tilaluettelon tekeminen, pohjapiirustuksien päivittäminen sähköisessä muodossa ja rakennuksen 3D-mallintaminen.

Työ rajattiin rakennuksen vanhimpaan osaan, joka on valmistunut vuonna 1964 ja jonka huoneala on noin 12500 neliometriä. Työn rajaukseen vaikutti rakennukseen tehtävän hankesuunnittelun laajuus, jossa on tarkoitus peruskorjata rakennuksen vuonna 1964 valmistuneet osat. Työn rajauksen tekeminen oli helppoa, sillä työssä käsitelty osio kohteesta on selkeästi rajattavissa rakennuksen kokonaisuudesta. Rakennuksen vuonna 1964 valmistuneet osat on jaettu rakennepiirustuksissa kymmenen erilliseen osioon, jotka ovat esitetty kuvassa 1 ja nimetty seuraavalla tavalla: 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 2A, 2B, 2C ja 2D. Päätimme tilaajan kanssa yhdessä jättää rakennuksen kellarikerroksen pois työn kokonaisuudesta. Kellarikerroksen vähäiset muutoksista entuudestaan ja todennäköisesti tulevaisuudessa olivat suurimmat syyt kellarikerroksen pois rajaamiseen. Jo suunnittelu vaiheessa tiedostimme että työ tulee olemaan laaja ja isotöinen. Mielestämme projektin suuruus ei ollut kuitenkaan minikäänlainen este työn aloittamiselle ja tekemiselle yksinään. Ajallisesti projektissa tärkeimmät asiat olivat tarkemittaus ja pohjapiirustusten päivittäminen, 3D-mallinnukselle ajateltu valmistuminen oli syksyissä 2015, jolloin kohteen hankesuunnittelu olisi loppusuoralla.



Kuva 1. Rakennuksen jako osioihin

2.3 Työn käyttötarkoitus

Työn tavoitteena oli tehdä Porin kaupungille koulurakennuksen tarkemittaus, tilaluettelo, sekä päivittää vanhat pohjapiirustukset sähköisessä muodossa ja toteuttaa sähköinen 3D-mallinnos koulun rakenteista.

Työn tilaluettelo laadittiin rakennuksen tulevia käyttäjiä varten, jonka avulla voidaan tarkastaa jokaisen kerroksen, huoneen, tilan tai koko rakennuksen huonepinta-alat. Tilaluettelo voidaan käyttää tulevaisuudessa erilaisten määrälaskelmien pohjana, joissa tarvitaan alkutiedoksi huonepinta-alalukemia eri tiloista. Tilaluettelon yhteydessä tehdystä tarkemittauksesta saatuja mittoja käytettiin opinnäytetyössä, kun pohjapiirustuksia piirrettiin nykyisiä tiloja vastaaviksi. Tarkemittauksen avulla pystyttiin tarkastamaan vanhojen pohjapiirustuksien mittatarkkuus sekä havaitsemaan poikkeavuuksia olemassa oleviin rakenteisiin.

Työssä tehtyjen nykyisiä rakenteita vastaavien pohjapiirrosten päälle voidaan tulevaisuudessa tehdä erilaisia muutospiirustuksia kuten LVI-, rakennus- ja sähköpiirustukset sekä pelastussuunnitelma. Päivitettyjä pohjapiirustuksia DWG -tiedostoina voidaan käyttää pohjana monissa muissa mallintamiseen käytetyissä tietokoneohjelmissa pohjina, joiden päälle on helppo tehdä muutossuunnitelmia, -piirustuksia ja mallinnuksia.

Kohteesta tehtävä 3D-mallinnos toimii arkkitehdeille hyvänä pohjana rakennukselle tehtävissä julkisivu- ja arkkitehtisuunnittelussa. 3D-mallinnuksesta tilaaja toivoi paljon hyötyä myös rakennuksen tulevaisuuden kunnossapidossa ja korjaushakkeiden suunnittelussa, sillä 3D-mallinnukseen on helppo sijoittaa esimerkiksi kalusteista ja suuria koneita tilan havainnollistamisen helpottamiseksi. Uskon myös että rakennusten tuotemallintaminen tulee yleistymään rakentamisessa ja olemaan uudisrakentamisessa, korjausrakentamisessa ja ylläpidossa keskeisessä osassa tulevaisuudessa. 3D-malleista voidaan helposti tarkistaa rakenteiden päällekkäisyyksiä ja tämän lisäksi ihmiset hahmottavat tiloja ja rakenteita helpommin 3D-malleista kuin katsoessaan useista eri tasokuvista.

3 PROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT

3.1 Piirustukset

Työssä kohteena oleva Porin kaupungin hallinnoima rakennus oli entuudestaan opin-
näytetyön tekijälle tuttu, sillä työn tekijä on suorittanut insinöörin opintojaan kysei-
sessä rakennuksessa. Koulussa opiskelun aikana rakennuksen tilat ovat tulleet tutuik-
si oppinäytetyön tekijälle.

Työssä lähtötietoina käytettävät piirustukset saatiin työn tilaajalta sähköisessä muo-
dossa. Tilaajalta saatiin rakennuksen jokaisen kerroksen pohjapiirustukset DWG-
tiedostoina. Kaikki rakennuksesta lähtötiedoiksi saadut rakennepiirustukset olivat
alkuperäisistä rakennepiirustuksista tehtyjä skannauksia, kaikkia skannatut rakenne-
piirustukset olivat PDF-tiedostoja. PDF tiedostoina olevista rakennepiirustuksista
saatiin lisäksi piirustusluettelo, jossa oli listattuna kaikki piirustukset numerojärjes-
tyksessä. Piirustusluettelossa oli lyhyt kuvaus jokaisen piirustuksen sisällöstä, joka
helpotti oikean piirustuksen löytämistä sitä tarvittaessa. Piirustusluettelossa esitetyis-
tä rakennepiirustuksista vanhimmat ovat 1963 vuoden alkupuolelta ja uusimmat vuo-
den 1964 kesäkuulta.

3.2 Rakennuksen historia

Porin teknillisen koulutuksen alku on vuonna 1899 aloittaneessa yksityisessä teolli-
suuskoulussa, joka siirrettiin kaupungin haltuun vuonna 1936. Vuonna 1941 koulun
nimi muutettiin Porin teknilliseksi kouluksi. Kuusikymmentäluvun alussa tapahtui
muutoksi, sillä vuonna 1959 Porin kaupunginhallitus oli hakenut lupaa valtiolta jär-
jestää korkeamman asteista teknillistä opetusta. Maassa oli muutenkin tarve lisätä
teknillisen opiston ja insinöörikoulutuksen määrää, 60-luvun talouskasvun ja sodan
jälkeisten ”suurien ikäluokkien” kouluttamisen mahdollistamiseksi. Valtioneuvostol-
ta saatiin vahvistus teknillisen koulun perustamisesta maaliskuussa 1961. Perusta-
mispäätöksen jälkeen oli kiire rakentaa oppilaitokselle uudet toimitilat. (Koivuniemi
2004, 418-419.)

Uusien toimitilojen tontiksi valittiin ensin Rauman- ja Mäntyluodontien risteuksen lounaispuoleinen alue, mutta tulevien liikennesuunnitelmien takia tästä oli luovuttava. Syksyllä 1961 valtuusto päätti rakennuksen tontin, tontiksi valittiin kaupungin omistama ja täysin vapaa tontti niin sanotusta Rauman korvesta. Rakennuksesta järjestetyn suunnittelukilpailun voitti arkkitehtitoimisto Eija ja Olli Saijonmaan laatima ehdotus. Oppilaitoksessa opetustyö aloitettiin syksyllä 1964. Uuden koulutalon tilavuudeksi tuli 64 900 kuutiota ja pinta-ala 16 400 m². Uusi koulutuslaitos oli porin koulutusmahdollisuuksille suuri edistysaskel. (Koivuniemi 2004,419.)

Oppilaitoksesta tuli heti 1960-luvulta lähtien noin tuhannen oppilaan kokoinen yksikkö. Syksyllä 1970 oppilaitoksessa opiskeli teknikoksi 428 oppilasta ja insinööriksi opiskeli 557 opiskelijaa. 70-luvulla rakennuksessa jouduttiin tilanteeseen, jossa kasvaneet oppilasmäärät vaativat uusia laboratorioita ja uudet opintolinjat uusia opetustiloja. Vuonna 1975 Porin kaupunki hyväksyi uuden lisäosan suunnittelutyön aloittamisen. Valtionvalta ja opetusministeriö hyväksyivät hankkeen toteuttamissuunnitelman vuonna 1997. Rakentamien aloitettiin kesällä 1980 keittiön ja ruokalan peruskorjauksella. Peruskorjauksessa muutettiin vuosina 1981 ja 1982 toimistojen tilajärjestelyjä, lopullisesti peruskorjaus saatiin valmiiksi vuonna 1983. Joulukuussa 1980 aloitettiin varsinaisen lisärakennuksen työt. Lisärakennus valmistui ja se luovutettiin oppilaitoksen käyttöön toukokuussa vuonna 1982. Uuden lisärakennuksen arkkitehtinä toimi Olli Steen ja suunnitteluinsinöörinä Reino Posti. 1980-luvulla opiskelijoiden määrä pysyi suurin piirtein ennallaan hieman yli tuhannessa oppilaassa. Oppilaitoksen opetuslinjoja muokattiin aina paljolti Satakunnan elinkeinoelämän tarpeen mukaan. (Koivuniemi 2004, 419; Porin teknillinen oppilaitos lukuvuosi 1981-1982. 1982, 1.)

Keskiasteen koulutuksen puheenaiheena olivat Suomessa vuonna 1989 ammattikorkeakoulut. Pori ilmaisi heti kiinnostuksensa uudistuksista valtiolle. Poriin esitettiin talvella 1989 uutta ammattikorkeakoulua, johon Satakunnan ammattikorkea koulu sai väliaikaisen kokeiluluvan opetusministeriöltä huhtikuussa 1991. Korkeakouluopetus aloitettiin Porissa syksyllä 1992. Satakunnan ammattikorkeakoulu vakinaistettiin syksyllä 1997. Tällöin koululla oli opiskelijoita 4 157, joista 2 565 opiskeli Porissa. (Koivuniemi 2004, 415.)

3.3 60-luvun rakentaminen,

Toisen maailmansodan jälkeinen aika toi suuria muutoksia rakennustekniikkaan. Väestön muutto maaseudulta taajamiin edellytti kiivasta rakentamista. Ongelma ratkaistiin toteuttamalla suuria kerrostalovaltaisia aluerakentamiskokonaisuuksina vanhojen kaupunkikeskustojen ulkopuolelle. Rakentaminen koki suuren muutoksen elementtirakentamisen kokeilun johdosta 1950-luvun lopussa. 1960-luvun alussa rakentaminen on muuttunut kokonaan pois tiilirunkoisesta rakentamisesta betonirakentamiseen, joka mahdollistaa rakennusten runkojen painon huomattavan pienenemisen. 1960-luvulla alettiin kokomaan tietoa ja tutkimaan rakenteita Suomen rakentamismääräyskokoelman luomisen pohjaksi. (Lindh. n.d.; Mäkiö ym. 1989, 14.)

1960-luvun rakennustuotannon avainsanoja olivat tehokkuus, teollinen sarjatuotanto, esivalmisteiset rakenneosat, moduulimitoitus ja standardointi. 60-luvun Rakennuksissa ei ollut tarpeettomia ulokkeita ja mutkia. Toisinaan ei tarvittu lainkaan kohdekohtaista rakennus- ja asuntosuunnittelua, vaan rakennusliikkeillä oli käytössä valmiita mallilamelleja, joita yhdistelemällä saatiin aikaan tarvittava määrä kerrosalaa. 1960-luvun alussa uusia rakennustekniikoita, joita alettiin käyttämään yleisesti, olivat suurmuottitekniikka ja betonielementit. Suurmuottitekniikkaa valmistettuja seiniä ei enää tarvinnut rapata, joka vähensi huomattavasti rakentamiseen käytettyä aikaa. Opinnäytetyön koulurakennuksessa on paljon kantavia betoniseinä ja -laattoja, jotka ovat tehty suurmuottitekniikkaa käyttämällä. Rakennuksen ulkoseinät ovat todennäköisesti paikalla valettuja kuten myös palkit, pilarit ja massiivilaatat, niissä olevien raudoituksien tarkastelun perusteella. (Lindh. n.d.; Laine. 1996, 10)

1960-luvun alussa elementtitalojen julkisivuissa oli havaittavissa vaihtelevia muotoja ja käytössä oli erilaisia elementtikokoja. Julkisivuissa suosittiin nauhaikkunoita ja sisäänvedettyjä parvekkeita. Vuosikymmenen lopulta lähtien teollinen elementtirakentaminen köyhdytti kerrostalojen arkkitehtonista ilmettä. 1960-luvulla julkisivuissa käytettiin materiaalina yleisesti maalattua ohutrapattu tai pinnoittamatonta betonia ja erilaisia levytuotteita, kuten kupari- ja asbestilevyjä 1960-luvun lopulta alkaen julkisivujen materiaalina käytettiin myös pesubetonia. Samanlaisina toistuvien ruu-

tuelementtien ilmettä muunneltiin myös muodostamalla julkisivuun vaaka- tai pystynauhoja ulkokuoren pintamateriaalin, värin tai pintakäsittelyn avulla. (Lindh. n.d.)

60-luvun alussa katoille oli valittavissa monia eri muotoja. Loivat harjakatot sekä erilaiset porrastetut harja- ja pulpettikatot olivat yleisiä. Vesikaton alle jäi tuulettuva yläpohja. Yleisin lämmöneriste oli lastuvillalevy ja käytetyin katemateriaali pelti. 1960-luvun lopulla tasakatot yleistyivät ja 1970-luvun alkupuolella se oli jo yleisin kattotyyppi. Tasakatot rakennettiin suoraan lämmöneristeen, esimerkiksi kevytsoran, mineraalivillan tai vaahtomuovin varaan. Joissain tapauksissa kattorakenteet tukeutuivat puisiin alusrakenteisiin. Työssä kohteena olevassa koulurakennuksessa on tasakatto, jonka kattorakenteet tukeutuvat puisiin alakattorakenteisiin. (Lindh. n.d.)

Puolielementtirakentaminen ja suurlevyjärjestelmä aloittivat Suomessa 60-luvulla teollisen rakentamisen. Tehdasvalmistetut valmisosat ja jalostusasteen nousu vähensivät työn määrää rakennustyömailla tuntuvasti. 1950-luvun lopun työmenekit puoliintuivat 60-luvun aikana. Vasta 1970-luvulla tuotantoon tulleet ontelolaatat ja esijännitetyt rakenteet vähensivät massiivilaattojen käyttöä. Suurten muottiyksiköiden käyttö rungoissa valuissa sekä mahdollisimman suurten elementtien käyttö ohjasi arkkitehtejä selkeälinjaiseen rakennesuunnitteluun. 1960-luvun rakennuksissa, kuten myös opinnäytteen kohteessa, laattaa kiersi ulkoseinällä reunapalkki. Paikallavalaminen säilytti kilpailukykyä elementtirakennukseen muun muassa suurten muottiyksiköiden käytön ansiosta ja LVIS-asennusten teon helpottamisen takia. 1960-luvulla alettiin käyttämään myös valmiita sandwich-elementtejä rakennusten kantavina päätyseininä. Elementtien koko perustui täysin torninostureiden nostokykyyn. (Laitinen. 1996, 13-14.)

4 RAKENNUKSEN MITTAAMINEN, PIIRTÄMINEN JA TILALUOTTELON LUONTI

4.1 Rakennuksen mittaaminen

Työssä ensimmäinen työvaihe oli suorittaa rakennuksen sisätiloissa tarkemittaus ja kirjata saadut mitat muistiin. Koska rakennuksen pohjapiirustukset eivät olleet ajan tasalla, voitiin tarkemittauksen aikana merkitä muistiin myös muuttuneet rakenteet.

Mittaustyö tehtiin käyttäen laseretäisyysmittaa, joka mahdollisti suurien tilojen ja pitkien välimatkojen mittaamisen sisätiloissa yksinään. Mittaaminen aloitettiin rakennuksen osion 2A sisätiloista. Rakennuksen eri osiot mitattiin yksitellen. Seuraavaan osioon siirryttiin vasta kun edellinen osio oli kokonaan mitattu. Rakennuksen eri osioiden tarkemittaaminen ja tarkastaminen pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman systemaattisesti, jotta kaikki tilat tulisivat mitattua ja kaikki eroavaisuudet piirustuksissa ja rakenteissa voitaisiin havaita. Mittaaminen suoritettiin myös kerroksittain järjestyksessä, seuraavaan kerrokseen ei siirrytty ennen kuin edellinen kerros oli mitattu kokonaan. Kaikista rakennuksen osioista mitattiin seinät, ikkunat ja ovet sekä kaikki näkyvissä olevat pilarit, palkit ja laattojen korkeusasemat.

Rakennuksen sisätiloja mitattaessa pyrittiin välttämään ketjumitoitusta niiltä osin kuin se on mahdollista. Ketjumitoituksen käyttö johtaa usein mitta virheiden kasautumiseen jolloin kokonaisuus on pitempi tai lyhempi kuin todellisuudessa” (RT 03-10525 1993, 5). Työssä pitkät käytävät ja suuret tilat mitattiin mahdollisuuksien mukaan yhtenä mittana. Laseretäisyysmittarilla mitattaessa mittausväliksi valittiin aina kohta, jossa mittaus voitiin suorittaa seinäpinnasta toiselle tai muuhun rakenteeseen, siten ettei mittaan tullut mukaan tilavarusteita. Rakennuksen sisätilojen tarkemittauksesta saatuja arvoja oli tarkoitus käyttää huonealojen laskemiseen tilaluetteloa tehtäessä sekä uusien pohjapiirustusten piirtämisessä.

Tarkemittauksessa saadut mittatulokset merkittiin A3-kokoon skaalattuihin tulosteisiin vanhoista pohjapiirustuksista, jokaisessa A3-kokoon skaalatussa tulosteessa oli aina kuvattu yksi rakennuksen osio. A3-kokoon skaalattuihin pohjapiirustuksiin merkittiin mittatulosten lisäksi rakenteiden ja piirustusten eroavaisuudet. Mittatulokset

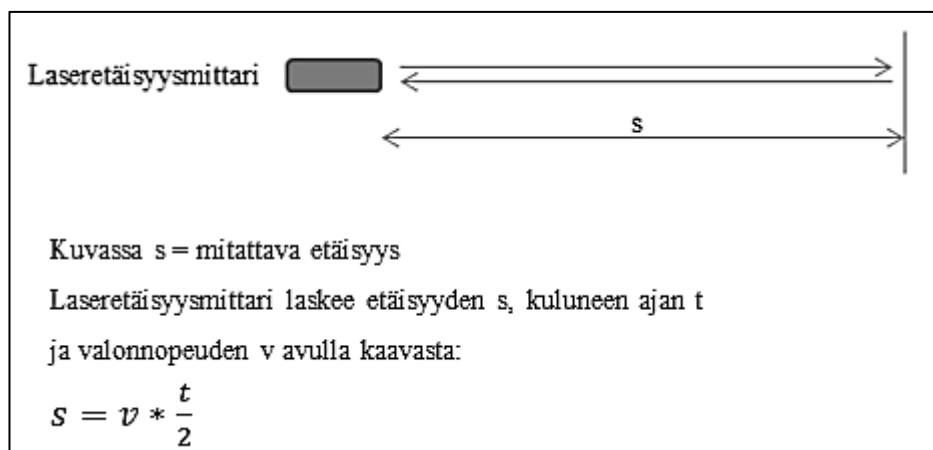
kirjattiin laseretäisyysmittarin antamien millimetrien tarkkuudella. Saatuja mittatuloja ei ollut tarvetta pyöristää, vaan tulokset voitiin jälkikäteen työn edetessä pyöristää tarvittuun tarkkuuteen.

Rakennuksen sisätilojen tarkemittaamiseen ja tulosten merkitsemiseen kului aikaa yksi viikko. Pääasiassa mittaaminen ja tulosten merkitseminen tapahtui aamun ja aamupäivän aikana.

4.2 Opinnäytetyössä käytetyt mittalaitteet

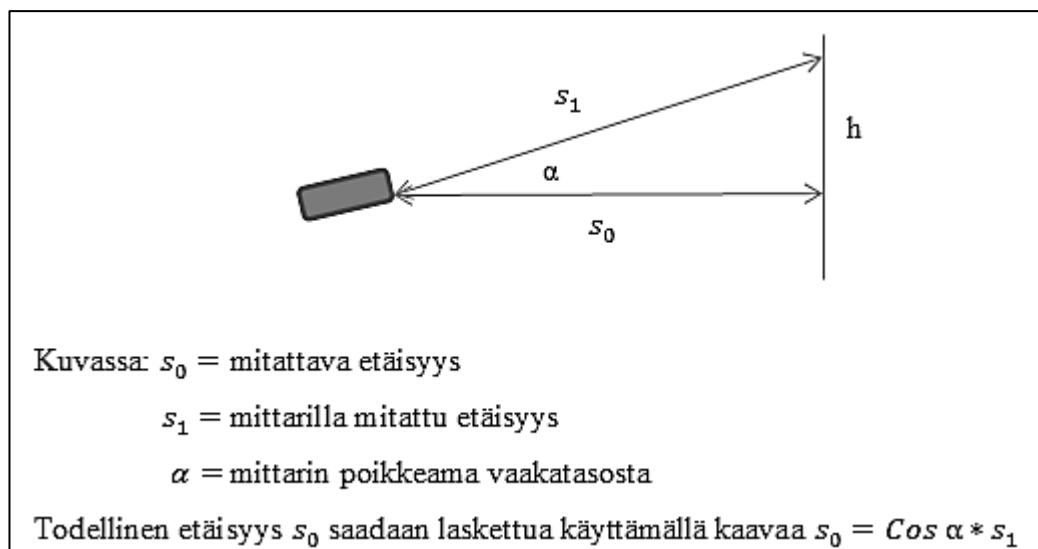
Opinnäytetyössä tehdyissä etäisyysmittauksissa käytettiin laseretäisyysmittaria. Laseretäisyysmittari on laite jolla mitataan etäisyyksiä laservaloa apuna käyttäen. Laseretäisyysmittarissa on nollapiste, josta laite lähettää lasersäteen mitattavan kohteen suuntaan, lasersäteen avulla laite mittaa kohteen etäisyyden laitteesta.

Laseretäisyysmittari lähettää laserpulssin, jonka heijastumisen mitattavasta kohteesta laseretäisyysmittari havaitsee. Koska valonnopeus on vakio, mittari laskee pulssin lähettämisen ja heijastumisen välisestä ajasta kuljetun matka. Valon kulkuaikaan perustuvissa laseretäisyysmittareissa mitataan etäisyys aikana, jonka valosignaali kulkee mittalaitteesta kohteeseen ja takaisin.



Kuva 2. Laseretäisyysmittarin toiminta

Mittauksen oikeaan tulokseen vaikuttaa laseretäisyysmittarin kaltevuus. Jos laseretäisyysmittari ei ole vaakasuorassa sillä mitattaessa, antaa mittari todellista suuremman mittaustuloksen välimatkalle. Suorakulmaisena kolmion ratkaisemiseen perustuvien laskekavaavojen avulla voidaan määrittää mittaustuloksen muutos.



Kuva 3. Laseretäisyysmittarin kaltevuuden vaikutus tulokseen

4.3 Pohjapiirustusten piirtäminen AutoCAD 2016:llä

Piirtäminen aloitettiin kun sisätilojen tarkemittaus, koko rakennuksen osalta, oli saatu tehtyä. Piirtämisessä käytettiin pohjana vanhoja DWG- muodossa olevia pohjapiirustuksia, joiden muokkaaminen aloitettiin tarkemittauksessa saatuja mittaustuloksia ja havaintoja käyttämällä.

Työssä piirrettiin kaikki uudet väliseinät ja poistettiin kaikki väliseinät joita ei enää rakennuksessa ole. Piirustuksiin päivitettiin kaikki ovet ja oviaukot oikeille paikoille. Työssä tarkastettiin ikkunoiden, pilareiden, rappusten ja hissien oikeat paikat rakennuksessa. Piirtämissä edettiin yksi rakennuksen osio ja tila kerrallaan, jotta kaikki muutokset rakenteissa saatiin päivitettyä pohjapiirustuksiin. Kaikki rakenteet piirrettiin samalle kuvatasolle Line tai Polyline-komentoa käyttäen. Pohjapiirustuksien tarkastelun helpottamiseksi pohjapiirustusten kuvatasoja tulisi lisätä ja piirtää kaikki rakenteet, rakenneosat, tilavarusteet ja tilaosat omille kuvatasoille. Useiden eri kuvatasojen avulla, piirustuksia tarkasteltaessa, saisi lukija haluttuja objekteja ja kuvatasoja piiloon tai päinvastoin esille.

Rakenteiden päivittämisen jälkeen pohjapiirustuksiin lisättiin vielä tarkemittauksessa saadut huoneiden osamitat omaan kuvatasoon. Pohjapiirustuksiin tuotaessa mittatulokset pyöristettiin huonealojen laskennan vaatimiin tarkkuuksiin. ”Alojen laskemis-

ta varten mitat luetaan ja laskutoimitukset suoritetaan vähintään neljän merkitsevän numeron tarkkuudella. Mittoja ei kuitenkaan tarvitse lukea tarkemmin kuin 10 mm:n tarkkuudella. Kun mitta on kahden pyöristysarvon puolessa välissä, se pyöristetään parilliseen pyöristysarvoon.” (RT 12-11055 2011, 3.) Huoneiden ja tilojen osamittoja merkittäessä piirustuksiin saatiin samalla tarkistettua ja korjattua väliseinien oikeat etäisyydet toisistaan, jolloin huoneiden pinta-alat muuttuivat piirustuksissa todellisuutta vastaaviksi. Osamittojen tuominen pohjapiirustuksiin vahvisti myös sen, että rakennuksesta tehdyt vanhat piirustukset ovat mittatarkkuudeltaan riittävät, sillä pohjapiirustuksissa ei ilmennyt yli viiden sentin heittoja pitkilläkään mittaus väleillä. Nämä vähäiset mitattujen mittojen ja piirustuksien mittojen erot ovat mahdollisesti seurausta mittauksen aika tapahtuvista epätarkkuuksista ja virheistä. Mittaamiseen liittyviä virheitä ja epätarkkuuksia on käsitelty tarkemmin opinnäytetyön luvussa: 4.2 käytetyt mittalaitteet.

Pohjapiirustuksiin laskettiin ja merkittiin kaikkien huoneiden pinta-alat sekä päivitettiin kaikkien tilojen tilankuvausteksti ja numerointi omille kuvatasoille. Huonealoja laskettaessa otettiin huomioon: välipohjassa olevan aukon koko; seinässä olevat aukot ja syvennykset sekä toisarvoiset ulkonemat; huoneen sisällä olevat kiinteät ja kantavat rakenteet; koteloidut talotekniset rakenteet; kaapit, komerot, vaatehuoneet ja kiintokalusteet ja huoneen alle 1600mm korkeat osat (RT 12-11055 2011, 3). Pohjapiirustuksiin lisättyjen uusien väliseinien johdosta syntyneiden uusien tilojen nimeämisessä käytettiin tilankuvaukseen samaa tekstiä kuin entuudestaan, tilanumeroinnissa uudet tilat jäivät ilman numerointia. Huoneiden numeroinnin suhteen tilaaja halusi käyttää edellä mainittua tapaa, sen takia että usein huoneiden numerointi ja nimeäminen vaihtuu kun tilojen käyttäjä vaihtuu ja uusi käyttäjä nimeää tilat haluamallaan tavalla. Työn teko hetkellä työn kohteena oleva rakennus toimi koulurakennuksena, jossa esimerkiksi luokkahuoneet ovat nimetty eri numeroin kuin piirustuksissa.

Pohjapiirustusten valmistuttua pohjapiirustukset tallennettiin PDF ja DWG tiedostoiksi ja lähetettiin 27.7.2015 sähköpostitse Mikko Viitalalle. Pohjapiirustuksissa oli tilaajan mielestä tarvittavat tiedot ja tarvetta lisäyksiin tai muutoksiin ei ollut. Pohjapiirustuksiin jouduttiin tekemään pieniä muutoksia 3D-mallintamisen aikana, rakenteiden ja pohjapiirustusten välillä havaittujen eroavaisuuksien takia. Viimeistellyt

pohjapiirustukset palautettiin tilaajalle 12.10.2015 työn muiden tiedostojen kanssa kootusti yhtä aikaan.

4.4 Tilaluettelon luominen

Tilaluettelo tehtiin Microsoft Excel laskentataulukko ohjelmalla. Tilaluettelo luotiin pohjapiirustuksiin merkittyjä mittaustietoja ja tilojen numerointia sekä kuvauksia käyttäen. Tilaluetteloon kirjattiin rakennuksen perustiedot tilaluettelon kohteen selventämiseksi. Tilaluetteloon lueteltiin kaikki rakennuksen tilat, pohjapiirustuksessa olevien tilanumeroineen ja tilakuvauksineen. Tiloista merkittiin luetteloon kaksi päämittaa sarakkeisiin a ja b, joille annettiin numeerinen arvo metreinä. Kaikista rakennuksen tiloista ei päämittoja luetteloitu, joko tilan epäsäännöllisen muodon tai pienen huonepinta-alan takia. Kaikista rakennuksen tiloista luetteloitiin huonepinta-ala neliömetreinä tilaluetteloon.

Tilaluettelossa eroteltiin kaikki rakennuksen eri kerrokset erillisille laskentataulukkoille lukemisen ja tilojen löytämisen helpottamiseksi. Ensimmäisen kerroksen laskentataulukkoon koottiin kaikkien kerrosten yhteenlaskettu huonepinta-ala. Ensimmäisen kerroksen laskentataulukon tilakuvaussarakkeessa käytettiin eri täyttövärejä, riippuen siitä missä osiossa rakennusta tila sijaitsee. Täyttövärien käytöllä pyrittiin helpottamaan tilan paikantamista rakennuksessa, sillä rakennuksen tilojen numerointi ei etene aina systemaattisesti, vaan numerointi hyppii paikoittain rakennuksen osiosta toiseen. Toisessa ja kolmannessa kerroksessa ei katsottu tarpeelliseksi käyttää tilankuvaussarakkeessa täyttövärejä, sillä kerrokset ovat huomattavasti ensimmäistä kerrosta pienempiä huonepinta-aloiltaan. Tilaluetteloon listattujen huonepinta-alojen arvot otettiin suoraan pohjapiirustuksissa olevista pinta-aloista, joissa oli huomioitu kaikki RT-kortissa 12-11055 kerrotut huonepinta-alan laskemiseen vaikuttavat asiat.

Tilaluettelo tallennettiin Excel-tiedosto muotoon, josta tiloja on helppo tarkastella ja tarvittaessa muokata tiloihin liittyviä tietoja. Excel taulukkoon on myös helppo lisätä tulevaisuudessa muita käyttötietoja tiloista, liittyen esimerkiksi suunniteltuihin korjaus kustannuksiin tai ylläpidon aiheuttamia kuluja.

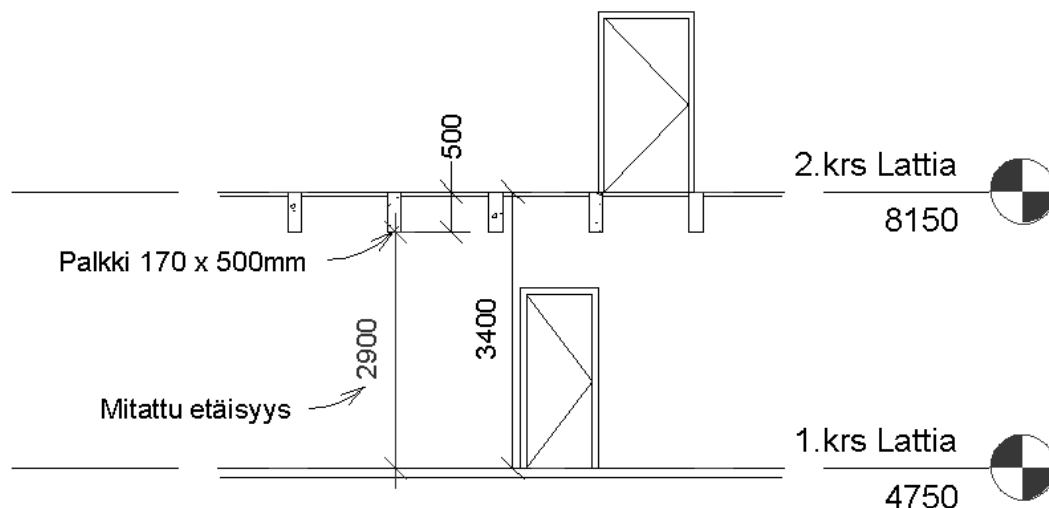
5 3D-MALLINTAMINEN AUTODESK REVIT 2016–OHJELMALLA

Rakennuksen 3D-mallintaminen tehtiin käyttäen Autodesk Revit 2016–ohjelmaa. Mallintamisessa käytetyn ohjelman valintaan vaikutti; se että ohjelma oli jo entuudestaan tuttu työn tekijälle. Työssä tehtävä 3D-mallinnus on tarkoitus toimia pohjana arkkitehteillä, jotka käyttävät Revit 2016-ohjelmaa. Työn mallintamisessa käytettäväksi ohjelmaksi mietittiin myös Tekla Structures-ohjelmaa, jolla voidaan luoda tarkkoja tietomalleja rakennuksista. Tekla Structures-ohjelma ei ollut työn tekijälle yhtä tuttu työkalu mallintamiseen kuin Revit 2016-ohjelma, joten Tekla Structures-ohjelma ei olisi ollut luonteva valinta rakennuksen mallintamisohjelmaksi.

5.1 3D-mallinnusprojektin luominen

Työssä luotiin Revit 2016 ohjelmalla uusi 3D-mallinnusprojekti johon tuotiin kaikki kohteen, kolmen eri kerroksen, päivitetyt pohjapiirustukset Import CAD-komentoa käyttäen. DWG-tiedostoina olevat pohjapiirustukset siirrettiin niissä mainittuihin tai rakennuksessa mitattuihin korkeusasemiin, jotka toimivat jokaisen kerroksen lattiapinnan korkeusasemina. Ensimmäisen ja kolmannen kerroksen korkeusasemien lukuarvot määritettiin samoiksi kuin rakennepiirustuksissa on merkitty. Toisen kerroksen lattiapinnan korkeusasemasta ei ollut merkintöjä rakenne piirustuksissa, joten toisen kerroksen lattiapinnan korkeusasema mitattiin laseretäisyysmittaria käyttäen.

Laseretäisyysmittarilla mitattiin toisen kerroksen korkeuden poikkeama ensimmäisen kerroksen lattiapintaan verraten. Mittaukset suoritettiin useasta eri kohdasta, jotta saatiin tarpeeksi tuloksia korkeuden keskiarvon määrittämiseksi. Toisen kerroksen lattiapinnan korkeusaseman määrittämiseksi tehtiin myös tarkastusmittauksia, mitaamalla korkeuden poikkeama ensimmäisen kerroksen lattiapinnasta korkeudeltaan tunnetun palkin alapintaan ja lisäämällä saatuun mittaan palkin korkeus, kuvan 2 esittämällä tavalla. Revit 2016–ohjelmassa pohjapiirustukset siirrettiin uusiin korkeusasemiin, jotka luotiin Level-komennolla julkisivunäkymässä ja nimettiin niihin liittyvien kerrosten mukaan.



Kuva 4. Havainnekuva toisen kerroksen korkeusaseman määrittämisestä.

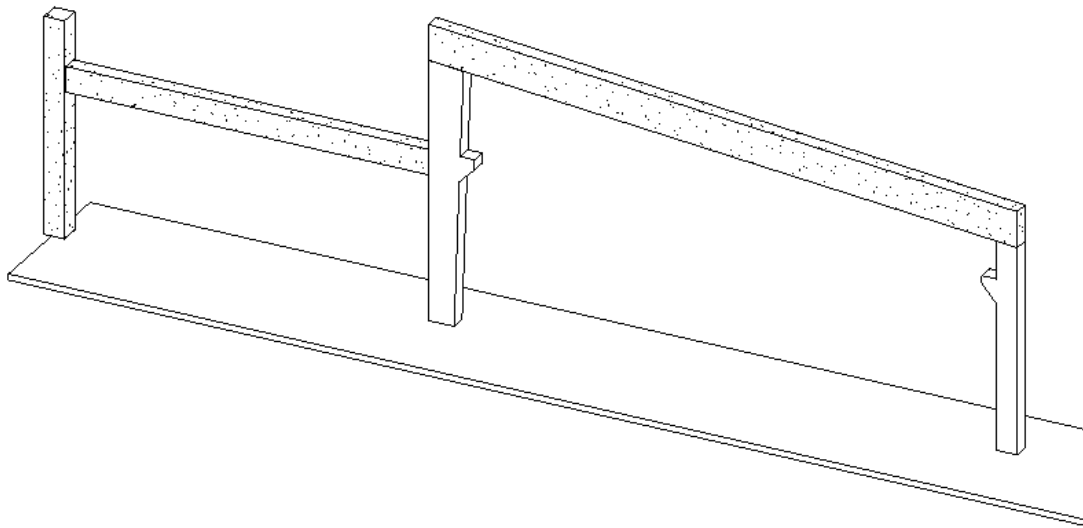
Mallinnusprojektiin piirrettiin koordinaattiviivasto, ensimmäisen kerroksen pohjapiirustuksia sekä rakennekuvissa näkyviä mittoja hyväksi käyttäen. Koordinaattiviivasto piirrettiin ”1.krs Lattia”-kuvatasossa Grid-komentoa käyttäen. Kuvatasoksi valittiin 1.krs Lattia koska siinä tasossa näkyy kaikki rakennuksen osiot. Koordinaattiviivaston viivat piirrettiin kulkemaan ensimmäisessä kerroksessa olevien pilareiden ja ulkoseinien mukaan. Pilareiden ja ulkoseinien mukaan luotua koordinaattiviivastoa käytettiin 3D-mallinnusprojektissa pilareiden ja ulkoseinien oikeille paikoille mallintamiseen.

Pohjapiirustukset asetettiin ylhäältäpäin katsottaessa kohdakkain siirtämällä kaikkien kerrosten pohjapiirustuksista yksi tietty rakennuksen ulkokulma samaan koordinaattiviivaston pisteeseen. Pohjapiirustusten kohdakkain asettelu mahdollisti pohjapiirustuksissa näkyvien rakenteiden mallintamisen suoraan oikeille paikoilleen 3D-mallinnusprojektiin. 3D-mallinnuksen teon aikana ei ollut tarvetta mitata uudelleen kaikkien rakenteiden paikkoja, vaan rakenteet jotka esiintyvät pohjapiirustuksissa voitiin piirtää pohjapiirustuksen osoittamiin kohtiin.

5.2 Rakenneosien luominen

Rakennuksen kaikkien rakenteiden mallintamiseksi, Revit 2016-ohjelmassa ei ollut valmiiksi mallinnettuna kaikkia työssä tarvittavia rakenneosia. Revit 2016-ohjelman tuoteperheistä löytyy useimmat normaalit rakenneosat valmiiksi mallinnettuna, mut-

ta ei esimerkiksi kohderakennuksen osioissa 2A ja 2B esiintyviä betonipilareita, joissa on uloke. Työssä mallinnettiin erikseen: pilarit, palkit, ikkunat ja ovet, joita ei ole valmiiksi mallinnettu Revit 2016-ohjelman tuoteperheinä. Kaikki uniikit pilarit, palkit, ikkunat ja ovet oli mitattava paikanpäällä ja mallinnettava omiksi tuoteperheikseen. Uusien tuoteperheiden luomisen jälkeen tuoteperheet ladattiin rakennuksen 3D-mallinnusprojektiin. Uusia rakenneosien tuoteperheitä mallinnettiin aina kun työssä tuli tarvetta uudelle tuoteperheelle, jota ei löytynyt Revit 2016-ohjelman tuoteperhekirjastosta.



Kuva 5. Konelaboratorion betonikehä

5.3 Rakenteiden mallintaminen 3D-mallintamisprojektissa

Olemassa olevan rakennuksen 3D-mallintaminen kaikilta osin tarkasti ja tarkkojen mittaustietojen perusteella olisi vaatinut enemmän resursseja kuin työhön oli mahdollista panostaa. Kaikkien rakennusosien tarkalla mallintamisella ei katsottu olevan käyttöarvoa rakennusta mallinnettaessa, kuten talon rakenteeseen vaikuttamattomat rakenneosat: ovet, ikkunat ja piha-alueet ovat työssä mallinnettu suuntaa antavalla tarkkuudella. Rakennuksen muut rakenneosat ovat mallinnettu tarkemittauksessa ja paikanpäällä laseretäisyysmittarilla saatuja tuloksia ja tarkkuutta käyttäen. 3D-mallintamisessa rakenneosat nimettiin Talo 2000-nimikkeistöön perustuvan CAD-kuvatasojärjestelmän rakenteen mukaisesti. Talo 2000 kuvatasojärjestelmän käyttäminen rakenneosien nimeämisessä helpottaa rakennuksen käyttäjää liittämään rakenneosat osaksi Talo 2000 hankenimikkeistöä.

5.3.1 Pilarit

Rakennuksen 3D-mallinnusprojektissa pilarit mallinnettiin pohjapiirustuksessa merkittyihin paikkoihin. Pilareiden mitat ja korkeus tarkistettiin, joko mittaamalla pilari tai katsomalla rakennepiirustuksista pilarin mitat ja korkeus. Pilarit mallinnettiin Column-komentoa käyttäen 3D-mallinnusprojektiin, rakennuksen yksi osio kerrallaan, jotta mallintaminen pysyisi systemaattisena ja näin ollen virheiden määrä mallintamisessa pienenisi.

5.3.2 Perusmuuri

Rakennuksen perusmuuri mallinnettiin Wall-komentoa käyttäen. Perusmuurin rakenne muutettiin rakennepiirustuksia vastaavaksi, muutos tehtiin seinän muokkaus työkalua käyttäen. Perusmuurin korkeus, ensimmäisen kerroksen lattiasta, mitattiin laseretäisyysmittaria käyttämällä tai muutettiin piirustuksia vastaavaksi, niiltä osin joissa perusmuurin korkeuteen liittyvä lukuarvo oli esitetty rakennepiirustuksissa. Rakennekuvien perusteella perusmuuri jatkuu kellarikerrokseen ja rakennuksen alla sijaitseviin väestönsuojiiin asti. Työssä ei ollut tarpeellista mallintaa ensimmäisen kerroksen alapuolella olevia rakenteita, joten perusmuuri mallinnettiin vain ensimmäisen kerroksen yläpuolisilta osilta.

5.3.3 Ulkoseinät

3D-mallinnusprojektissa ulkoseinät mallinnettiin käyttäen Wall-komentoa. Ulkoseinien rakenne ei ole täysin paikkansa pitävä, sillä rakennepiirustuksista ei ole tarkkaa kuvausta ulkoseinien rakenteesta. Rakennepiirustuksissa on merkitty selkeästi ulkoseinien paksuus, sen sijaan ulkoseinän sisäisten rakenteiden kerrokset on merkitty suuntaa antavasti. Ulkoseinien rakennetta mallinnettaessa käytettiin oikeita sisä- ja ulkopintamateriaaleja, jotka näkyvät päällepäin, muilta osin seinän rakenne muokattiin työn tekijän omaa harkintaa käyttäen. Ulkoseinien alapinta liitettiin 3D-mallinnuksessa perusmuurin yläpinnan kanssa samaan korkeuteen, jolloin saatiin muodostettua jatkuva seinäpinta maanpintaan asti. Ulkoseinät mallinnettiin siten, että ulkoseinän sisäpinta on samalla tasalla perusmuurin sisäpinnan kanssa. Ulkoseinien

yläpinnan korkeuden lukuarvot otettiin joko rakenne piirustuksista tai tarvittaessa mittaamalla laseretäisyysmittarilla tiedettyyn korkeusasemaan verraten.

Lasiulkoseinät mallinnettiin Curtain Wall-komentoa käyttämällä, jossa luotiin lasinen mallintamistaso lasisulkoseinän kohdalle. Lasiseen mallintamistasoon mallinnettiin karmien paikat Curtain Grid-komennolla. Curtain Grid-komennolla mallinnettuihin karmien paikkoihin luotiin materiaalit Mullion-komennolla. Lasiulkoseinien ja niiden karmien mitat mitattiin laseretäisyysmittarilla ja merkittiin muistiin mallintamista varten.

5.3.4 Väliseinät

Väliseinät mallinnettiin 3D-mallinnusprojektiin pohjapiirustuksissa merkityille paikoille Wall-komentoa käyttäen. Väliseinien korkeus mitattiin tarvittaessa laseretäisyysmittarilla tai väliseinien yläpinta liitettiin jonkin muun rakenteen alapintaan. Väliseinät mallinnettiin oikean paksuisiksi muokkaamalla väliseinien rakenne sekä pintamateriaalit oikeita rakenteita vastaaviksi. Väliseinien pintamateriaalit tarkastettiin paikanpäällä silmämääräisellä tarkastelulla ja seinäpintaa koputtelemalla, tulokset merkittiin pohjapiirustuksista otettuihin A3-tulosteisiin käyttäen jokaiselle eri pintamateriaalille omaa väriä. Pintamateriaalien tarkastuksen yhteydessä väliseinien paksuus mitattiin mittanauhaa käyttäen. Lasiväliseinät mallinnettiin Curtain Wall-komentoa käyttämällä, jossa luotiin lasinen mallintamistaso lasiväliseinän kohdalle. Lasiseen mallintamistasoon mallinnettiin karmien paikat Curtain Grid-komennolla. Curtain Grid-komennolla mallinnettuihin karmien paikkoihin luotiin materiaalit Mullion-komennolla. Lasiväliseinien ja niiden karmien mitat mitattiin laseretäisyysmittarilla ja merkittiin muistiin mallintamista varten.

5.3.5 Ikkunat

3D-mallinnusprojektissa laseretäisyysmittarilla mitattiin ikkunoiden sijainti, alakarmin korkeusasema ja ikkunan mitat, näitä mittoja käyttäen ikkunat mallinnettiin 3D-mallinnusprojektiin. Ovien mallintamista varten laseretäisyys mittarilla mitattiin ovien sijainti, ovien korkeus, ovien leveys ja ovesa mahdollisesti olevan ikkunan mitat

sekä ikkunan sijainti ovelta. Ovia ja ikkunoita ei mallinnettu rakenteeltaan täysin samanlaisiksi kuin ne oikeasti ovat, sillä 3D-mallinnusprojektissa oli tarkoitus mallintaa tarkasti ainoastaan rakennuksen rakenteellisesti tärkeät rakenteet. 3D-mallinnusprojektissa käytetyt ovet ja ikkunat valittiin todellisia ovia ja ikkunoita muistuttavan näköisiksi. Rakennuksen yksiaukkoiset ikkunat, yksiaukkoiset ovet ja kaksiaukkoiset ovet tuotiin 3D-mallinnusprojektiin Revit 2016-ohjelman valmiista tuoteperheistä. 3D-mallinnusprojektissa käytettyjen kaksiaukkoisten ja kolmeaukkoisten ikkunoiden tuoteperheet mallinnettiin erikseen ja tuotiin 3D-mallinnusprojektiin.

5.3.6 Palkit

Rakennuksessa olevat palkit ovat pääasiassa paljaalta silmältä näkymättömissä, joten palkkeja mallinnettaessa palkkien mitat selvitettiin tarkastelemalla rakennepiirustuksia. Palkkien mitat mallinnusta varten saatiin selville jokaisen kerroksen katon pohjapiirustuksista, joihin kaikkien palkkien mitat on merkitty. Palkkeja mallinnettaessa 3D-mallinnusprojektiin, tarkasteltiin rakennuksen leikkauspiirustuksia, joista kävi ilmi palkkien korkeusasemat. Palkkien mallintaminen tapahtui rakennuksen yksi osio kerrallaan, tällöin oli helppo seurata ja tarkastella mallinnettuja ja mallinnettavia palkkeja sekä niihin liittyviä rakennepiirustuksia. Osalle rakennuksen palkkeista voitiin määrittää korkeusasema laseretäisyysmittarilla mitaten, mittauksessa mitattiin välimatka palkin alapinnasta ennalta määritettyyn lattiatasoon. 3D-mallinnusprojektissa palkit mallinnettiin käyttäen Revit 2016-ohjelman Beam-komentoa.

5.3.7 Välipohjat

Välipohjat 3D-mallinnusprojektiin luotiin Floor-komentoa käyttämällä. Välipohjien laattojen paksuudet ja saumat katsottiin jokaisen kerroksen katon pohjapiirustuksista, joihin saumat ja paksuudet ovat merkitty. Osassa kattojen pohjapiirustuksista on merkittynä välipohjien laattojen korkeusaseman lukuarvo, joita voitiin käyttää 3D-mallinnuksessa laattojen korkeusaseman määrittämiseen. Laattojen oikean korkeusaseman ja paksuuden varmistamiseksi tutkittiin epäselvissä kohdissa rakennuksen

leikkauspiirustuksia, joista voitiin helposti tarkistaa laattojen korkeusasema palkkeihin verraten. Välipohjien laatan yläpinta mallinnettiin kulkemaan palkkien yläpinnan kanssa samassa tasossa, leikkauskuvissa havaittuun tylliin. Välipohjien laattoihin mallinnettiin pohjapiirustuksissa olevat aukot porraskäytävien ja portaiden kohdalle tarkemmittauksessa tehtyjen mittojen perusteella, käyttämällä Shaft Opening-komentoa.

5.3.8 Vesikatot

Rakennuksen vesikattojen kallistukset ja korkeudet määritettiin rakennuksen leikkauspiirustuksia tutkimalla sekä vesikatolla tehtyjen mittausten perusteella. Vesikatot mallinnettiin 3D-mallinnusprojektiin Roof-komentoa käyttäen. Mallinnettuihin vesikattoihin lisättiin muokkauspisteitä, joiden korkeusasemaa muokkaamalla vesikaton geometria saatiin todellisuutta mukailevaksi. Geometrialtaan yksinkertaisiin vesikattoihin kallistukset tehtiin Slope Arrow-komentoa käyttäen. 3D-mallinnusprojektiin mallinnetut vesikatot eivät ole geometrialtaan täysin todellisuutta vastaavat, sillä mitaamiseen käytetyllä laseretäisyysmittarilla ei saada yksistään mitattua tarkasti vesikattojen kaltevuuksia. 3D-mallinnusprojektiin ei mallinnettu vesikattojen kantavia rakenteita. Vesikaton kantavat rakenteita ei mallinnettu, koska niiden mallintamista ei todettu tarpeelliseksi projektissa sekä vesikaton rakenteiden mallintaminen olisi lisännyt työssä tehtävää työmäärää huomattavasti.

5.3.9 Portaat ja hissi

Rakennuksessa olevat portaat mallinnettiin 3D-mallinnusprojektiin Stair-komennolla. Portaista ei luotu erikseen tuoteperhettä, vaan 3D-mallinnusprojektissa käytettiin Revit 2016-ohjelmassa valmiiksi olevaa tuoteperhettä betonirakenteisista portaista, jotka ovat rakenteeltaan ja ulkonäöltään lähes todellisten portaiden kaltaiset. Revit 2016-ohjelmalla mallinnetuissa portaissa saattaa olla myös eri määrä askelmia kuin portaissa on todellisuudessa. 3D-malliusprojektissa portaissa oleva askelmien lukumäärä muokattiin siten että portaiden alapää ja yläpää tulivat halutulle korkeudelle, näin ollen portaissa olevien askelmien lukumäärä saattaa vaihdella todellisesta.

3D-mallinnusprojektiin mallinettiin rakennuksessa oleva hissi, mallintamalla hissien seinät ensimmäisen kerroksen pohjapiirustuksissa esitettyihin paikkoihin. Hissin seinät mallinettiin samaa tapaa käyttäen kuin rakennuksen väliseinien mallintamisessa käytettiin.

5.3.10 Piha-alue

3D-mallinnusprojektiin mallinettiin rakennuksen ympärillä olevat piha-alueet, rakennuksen tarkastelun ja hahmottamisen helpottamiseksi. Piha-alueiden mallintamisella pyrittiin saamaan näyttävyyttä rakennuksen ulkopuoliseen tarkasteluun sekä samalla havainnollistaa rakennuksen ulkopuoliset kulkuväylät. Rakennuksen piha-alueen rakenteiden, kulkuväylien ja kasvillisuuden tarkkoja paikkoja ja mittoja ei ole mitattu millään tavalla, vaan ne mallinettiin suuripiirteisesti oikeille paikoilleen ja oikean kokoisiksi.

6 TUOTEMALLIPOHJAINEN 3D-SUUNNITTELU

6.1 Mitä tuotemallipohjainen 3D-suunnittelu on?

Tuotemallipohjaisessa 3D-suunnittelussa luodaan suunniteltavan kohteen kolmiulotteinen geometrinen malli. Rakennuksen rakentamiseksi ei riitä pelkkä geometrinen malli, joten 3D-tuotemalli sisältää yksityiskohtaista tietoa rakennusmateriaaleista, tarvikkeista ja valmisosista. Tuotemallipohjainen 3D-suunnittelu on tapa hallita rakennushankkeen tietoja digitaalisessa muodossa. 3D-tuotemalliin tallennettu tieto on tarkoitettu ihmisten lisäksi tietokoneohjelmien ja tietojärjestelmien tulkittavaksi.

3D-tuotemalliin tallennetuista tiedoista saadaan tietoa muun muassa rakennuksen tiloista, rakenteista, niiden ominaisuuksista, mitoista ja määristä. Rakennushankkeesta digitaalisesti tallennettujen 3D-tuotemallien tiedot ovat paremmin hallittavissa suunnittelu-, toteuttamis-, käyttö- ja ylläpitovaiheessa kuin pelkästään tasopiirustuksia käytettäessä. Tuotemallipohjainen 3D-suunnittelu mahdollistaa rakennushank-

keen tietojen siirtämisen rakennushankkeen osapuolten kanssa luotettavammin ja monikäyttöisemmin verrattuna perinteisiin menetelmiin. Nykyiset tietoliikenneyhteydet mahdollistavat rakennushankkeen eri osapuolien liittymisen 3D-tuotemalliin ja tuotteidensa valmistustietojen reaaliaikaisen päivittämisen 3D-tuotemalliin. Keskeisin tavoite tuotemallipohjaisessa 3D-suunnittelussa on luoda lisäarvoa suunnittelulle ja rakennusprojektille, kokonaisprosessin parantuneen hallinnan avulla. 3D-tuotemalleista voidaan tuottaa muun muassa suunnitelmadokumentit, visuaalisia kuvauksia hankkeesta, kiinteistöhallinnan lähtötietoja, tasopiirustuksia sekä mitta- ja määrätietoja. (Niemioja, Nissinen & Penttilä. 2006a, 8-9.)

6.2 Tavoitteet

3D-tuotemallintamisessa on tavoitteena tehostaa suunnitteluprosessia rakennushankkeen kokonaisuuden kannalta. Tehostetulla suunnittelulla 3D-tuotemallintamisessa pyritään parantamaan rakentamisen laatua ja tuottavuutta. Tuotemalli on toimiva työkalu, joka on tarkoitettu käytettäväksi rakennushankkeen koko elinkaaren ajan. Tuotemallin sisältämä tieto on hyödynnettävissä rakennushankkeen kaikissa vaiheissa ja osapuolille; suunnittelussa, rakentamisessa, käytössä ja ylläpidossa. Tuotemalleilla pyritään tuottamaan täsmällistä tietoa ja vähentää suunnitteluvirheitä, parantamalla suunnitelmien yhteensopivuutta eri suunnittelijoiden välillä. Tuotemalliin kerätään kaikki rakennushankkeen elinkaaren aikana tarvittava tieto, joka on helposti haettavissa tuotemallista yhdestä paikasta ja tieto on saatavissa ohjelmistosta riippumatta. (Niemioja ym. 2006a, 11-13.)

3D-tuotemallintamisen avulla on tavoitteena pystyä analysoimaan rakennushankkeen suunnitteluratkaisuja ja niiden toimivuutta. Rakennusten 3D-tuotemalleja voidaan käyttää rakennushankkeen dokumenttien, kuten piirustusten ja luetteloiden luomisessa. 3D-tuotemalleista luotuja piirustuksiin pitää yleensä täydentää, jotta niiden piirustusmerkinnät olisivat lukijalle ymmärrettävissä. 3D-tuotemallintaminen ei todennäköisesti koskaan poista piirustusten tarvetta, piirustuksia tullaan tarvitsemaan nyt ja aina tulevaisuudessa.

6.3 Tuotemallintamisen edut ja mahdollisuudet.

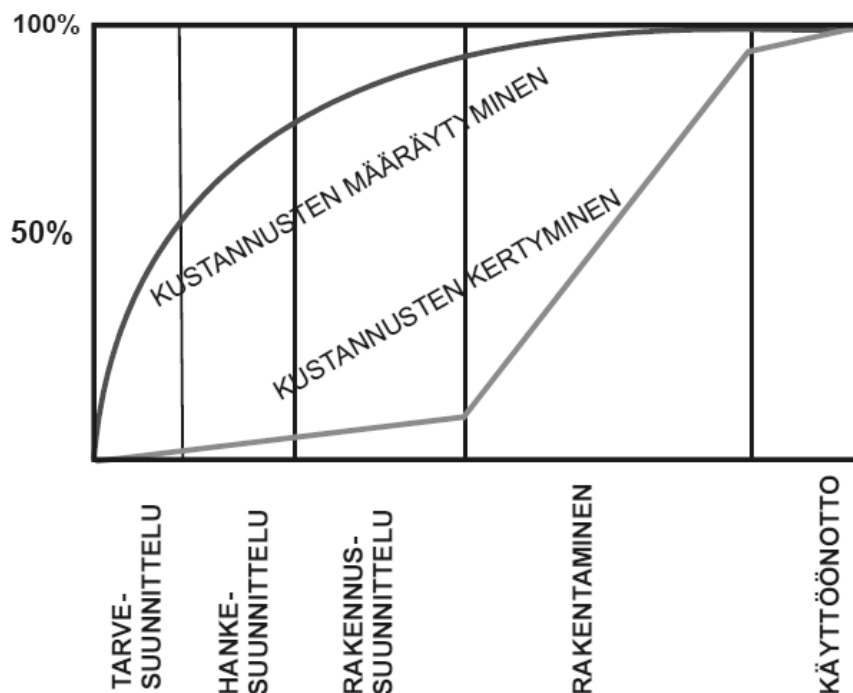
Uudet toimintatavat kuten 3D-tuotemallipohjainen suunnittelu tarkoittaa tehtävien uudelleen järjestelyä. Tuotemallintamisessa tehtävien uudelleen järjestäminen lisää varsinkin arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan työmäärää. Tuotemallintamisen lisääntynyt suunnittelutyö tuo puolestaan rakennushankkeeseen lisäarvoa ja uusia hyötyjä sekä mahdollisuuksia rakennushankkeen jokaiselle osapuolille. Useimmiten yritysten siirtymistä tuotemallintamiseen estää yrityksen henkilöstöresurssit. Tuotemallintaminen edellyttää kouluttautumista, uusien ohjelmien käytön opiskelua ja uusiin toimintatapoihin perehtymistä. Kouluttautuminen ei usein onnistu yrityksissä, sillä koulutus olisi totuttava arkisen projektityön ohessa, joka rakennusalalla on tunnetusti varsin suuressa aikataulupaineessa. Tuotemallintamisen luomien etujen ja mahdollisuuksien tarkastelu on hyvä tapa jolla yritykset voidaan saada mukaan tuotemallintamisen periaatteiden yleistymiseen rakennusalalla. Opinnäytetyön seuraavissa kappaleissa on kirjattuna tuotemallintamisesta saatavia etuja ja mahdollisuuksia rakennushankkeessa.

Tuotemallintamisessa suunnittelu on viety tuotteistukseen asti, eli suunnitteluun kuuluu tuotteiden, yksityiskohtien ja suunnitteluratkaisujen liittäminen rakennushankkeeseen. Rakennushankkeen määrittelyvaiheessa luonnosmaisesta tuotemallista voidaan saada hankkeen omistajien ja rahoittajien päätöksentekoa auttavaa tietoa. Alustavat kustannusarviot sekä olosuhdesimulaatiot ja 3D-visualisoiduista materiaaleista välittyvä tieto tukee päätöksentekoa hankkeen alkuvaiheessa. Tuotemallinnuksen myötä hankkeen tilanhallintaa voidaan tehostaa ja monipuolistaa. Rakennuksen tiloille voidaan antaa eri jakoperusteita, niiden käyttötarkoituksen mukaan. Rakennuksen tilaohjelmaan, rakennuksen suunnittelun edetessä, tulevia muutoksia voidaan verrata alkuperäiseen, kun rakennuksen tilat on mallinnettu tuotemallissa. Tilanhallinnan hyödyt korostuvat suuremmissa rakennushankkeissa, joissa tiloilla on useita eri käyttäjiä ja käyttötarkoituksia.

Suunnittelun tehostaminen ja suunnittelun laadun paraneminen sekä projektipankkien käyttö mahdollistavat paremman suunnittelutyön seurannan ja ohjauksen. Tuotemallintamisessa rakennushankkeen kokonaissuunnittelu-aika tehostuu kun eri alojen suunnittelu aloitetaan samanaikaisesti ja toisaalta tämän ansiosta tieto toteutuu tar-

kemmin malleihin, koska mallissa voidaan ottaa huomioon eri tiedontarvitsijoiden tarpeet. Suunnitelmien muunneltavuuden parantamiseksi projektipankit ovat välttämättömiä. Projektipankkia käyttämällä voidaan muutostieto kirjata yhteen paikkaan tai parhaassa tapauksessa tieto päivittyy automaattisesti malliin tai dokumenttiin, muiden osapuolten käsitettäväksi. Rakennushankkeen yhteisten projektipankin avulla tiedonsiirto on nopeaa ja tarkkaa, sekä se mahdollistaa suunnitelmien helpon yhteensovituksen. Eri suunnittelijoiden mallien päällekkäisyystarkastelun avulla voidaan havaita suunnitteluvirheitä ja päällekkäisyyksiä, jotka voidaan korjata nopeasti suunnitteluvaiheessa, jolloin virheen korjaus kustannukset ovat pienemmät kuin rakennusvaiheessa. Tuotemallintamisessa suunnittelutyön kustannukset kasvavat suunnittelutyömäärän lisääntyessä. Suunnittelutyön kustannukset ovat kuitenkin pieni osa hankkeen kokonaiskustannuksia, mutta suunnittelutyöllä voidaan vaikuttaa ratkaisevasti rakennuksen toimintaan ja käyttökustannukseen.

Toteutusvaiheen suurimpia hyötyjä rakentajalle 3D-tuotemallintamisessa ovat luettelomaisten määrätietojen tuottamien automaattisesti tuotemallista sekä rakentamisen toteutuksen valvonta 3D-mallien ja suunnitelmien avulla. Tuotemallit mahdollistavat mitta-, määrä-, ja kustannustietojen sekä luettelotietojen poiminnan eri muodoissa tuotannon suunnitteluun, oleellista on että tieto saadaan poimittua tuotemallista oikeaan aikaan ja täsmällisesti tarpeen mukaan. Toteutettuja ja rakennettuja osia voidaan helposti verrata vastaaviin mallien suunnitelmiin. Suunnitelmissa hankalat ja vaikeat kohteet voidaan 3D-mallien avulla selvittää etukäteen. Tällöin työkohte on alusta alkaen tutumpi työntekijälle. Projektipankkiin toteutusvaiheen aikana päivittyvä tieto mahdollistaa rakentajalle päivittäisen ja viikoittaisen hyödyntämisen työsuunnittelussa ja toteumanseurannassa. Tuotemalleista saadaan työmaalle myös kolmeulotteista sijainti- ja mittatieto, jotka voidaan myös jakaa digitaalisesti tuoteosa- tai elementtivalmistajan kanssa. Tuotemallien tarkastelun mahdollistaminen tablettien avulla mahdollistaa rakennuksen toteutuksen kokonaan ilman perinteisiä paperidokumentteja. Rakennustyömaalla olevat työmiehet voisivat tableteilta selata ja tarkistaa työkohteiden rakenteet ja siihen liittyvät mitat. 3D-malliinnuksista ihminen myös havainnollistaa helpommin kappaleita kuin monesta eri tasokuvasta niitä katsomalla.



Kuvio 1. Kustannusten määräytyminen rakennusprojektissa (Niemioja ym 2006a, 20)

3D tuotemalleista saatavat visualisoinnit selkeyttävät viranomaisten tarkastuksia. Mallipohjaiset suunnitelmat antavat ennakkolausuntovaiheessa viranomaisille mahdollisuuden arvioida suunnitelmien toimivuutta ja soveltuvuutta tulevaan ympäristöön. Tuotemallien avulla voidaan myös suorittaa joitain viranomaisten teknisiä tarkastuksia. Esimerkiksi palotarkatukseen liittyvät poistumisteiden riittävyys, leveys ja pituudet voidaan tarkastaa tuotemallien avulla. Myös rakenteiden lujuuteen ja kestävyteen liittyviä laskelmia voidaan tarkistaa tuotemalleista tehtävillä analyyseilla.

Tuotemalleista saatava tieto tukee ja helpottaa käyttäjää rakennuksen käytön aikana tehtävien muutosten päätöksissä. Tuotemalleista on mahdollista tehdä päätöksen teon tueksi simulointeja, analysointeja ja kustannus arvioita. Rakennuttajille ja suunnittelijoille helposti muokattava tilanhallinta on hyödyllinen myös käyttäjälle. Rakennuksen käyttäjä voi tuotemalliin määrittää huonetiloihin liittyvät yksityiskohdat, jotka liittyvät pintojen, tekniikan ja kalusteiden käyttöön, huoltoon ja ylläpitoon. Samalla tuotemalliin syötetään ja tallennetaan rakennuksen tai laitteiden elinkaaritietoja, kun niiden ominaisuustietoja täsmennetään. Käyttäjän on mahdollista hyödyntää tuotemallia korjaus- ja ylläpitotoiminnassa, jolloin huoltokirjatieto päivittyy suoraan tuotemalliin. Talotekniikan osien käyttöä, toiminnan seuranta ja huoltoa voidaan automatisoida esimerkiksi huoltohälytyksillä ja huoltovälien ennakoinnilla.

6.4 Rakennuksen 3D-tuotemallintamisen vaiheet

Tuotemallinnuksen vaiheet eivät etene suoraan mallintamisen teoreettisten vaiheiden mukaan, vaan tietoa kertyy malliin, tiloihin, rakennus- ja tuoteosiin rakennusprojektin eri vaiheiden tarpeen mukaan. Rakennushankkeesta tehtävän tuotemallinnuksen aikana voidaan tallentaa useita työmalleja, joita voidaan tarkoituksen mukaisesti jakaa hankkeen osapuolten välillä. Työmallit voivat kuvata tilavarauksia, suunnitteluratkaisua, yksityiskohtia ja niin edelleen. Hyvin organisoidussa tuotemallintamishankkeessa työmallit tallennetaan osapuolten yhteiseen tuotepankkiin säännöllisin väliajoin, tallennusten vaihteluväli voi vaihdella yhdestä viikosta neljään viikkoon, määräytyen hankkeen ja suunnitteluvaiheen mukaan. Työmalleja jaettaessa pitää työmallin sisältö ja käyttötarkoitus selostaa työmalliin liitetystä tuotemalliselosteesta. (RT 10-11066 2012, 5.)

Rakennuksen kaikkien rakenteiden tarkka mallintamien 3D-tuotemallipohjaisessa suunnittelussa on hidasta ja aikaa vievää, joten rakenteiden esitystapoja kannattaa yksinkertaistaa mahdollisuuksien ja sillä hetkellä tarvittavan tiedon mukaan. Tarkka yksityiskohtainen mallintaminen kannattaa kun rakenteesta halutaan esittää visuaalisesti yksityiskohtia. Tärkeintä tuotemallipohjaisessa mallintamisessa on rakenteiden sisältämä tieto, rakenteen mitat ja liitokset toisiin rakenteisiin, nämä tiedot pitää esittää siten, että kaikki projektin osapuolet pystyvät tietoja käyttämään. 3D-tuotemallipohjaisessa suunnittelussa mallinnettavat rakenneosat tulee olla kuvattu siten, että ne saadaan mitoitettua halutulla tarkkuudella ja että niistä saadaan tuotettua rakenneosan määrä- ja mittatiedot. (Niemi ym. 2006b, 35.)



Kuva 6. Tuotemallintamisen vaiheet (Niemiö ja ym. 2006a, 29)

Mallintamisen teoreettiset vaiheet



Kuva 7. Tuotemallintamisen vaiheet (Niemiö ja ym. 2006a, 28)

6.4.1 Vaatusmallivaihe

Rakennushankkeen tarveselvitysvaiheessa saatujen käyttäjän tarpeiden ja tavoitteiden pohjalta luodaan vaatusmalli. Vaatusmalli kuvastaa vain harvoin hankkeessa suunniteltavan rakennuksen geometrisia muotoja, sen sijaan käyttäjän tilavaatimukset ovat kirjattuna sähköisessä muodossa tilaohjelmalla luodussa taulukossa. Vaatusmallissa tulee esittää koko rakennusta tai sen osia koskevia tavoitteita, kuten kokonaisenergiankulutusta, jäähdytystarvetta ja niin edelleen. Sähköiseen muo-

toon kirjattua tilavaatimusluetteloa voidaan käyttää toteutuksen seuraamiseen läpi koko rakennushankkeen. Tilavaatimusluettelosta on mahdollista tarkistaa suunniteltujen tilojen pinta-ala vaatimukset. (RT 10-11066 2012, 5-6.)

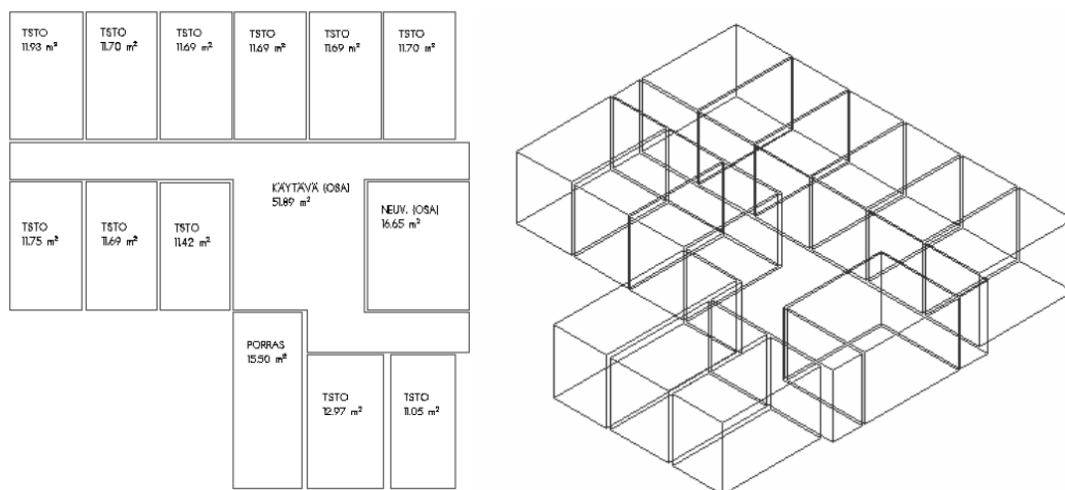
Vaatimusmallin teko tavalla ei ole vaikutusta projektin lopputulokseen. Projektin lopputulokseen vaikuttaa enemmän se kuinka tarkasti ja hyvin tarveselvitys on saatu tehtyä eli onko tarveselvityksessä pystytty ottamaan huomioon kaikki käyttäjän tarpeet ja toiveet. Tarve ja hankesuunnitteluvaiheessa ei ole vielä tehty varsinaisia suunnitelmia, vaan olemassa ovat käyttäjällä olevat tarpeet ja tavoitteet jotka pitää ottaa huomioon suunnitelmissa. Keskeisimmät lähtötiedot suunnittelulle ovat: budjetti, aikataulutavoite ja tontin käyttöön liittyvät vaatimukset sekä laajuustavoitteet: bruttoala, tilavuus ja eri toimintojen kokonaisalat. Tilaohjelmaan kannattaa liittää eri tilojen keskeiset vaatimukset vaatimusmallia luodessa, tämä helpottaa merkittävästi tiloille asetettavien vaatimusten hallintaa suunnitteluprosessin aikana. (RT 10-11066 2012, 5.)

Tilaohjelmassa esitettäviä vaatimuksia ovat esimerkiksi: Tilan nettoalatarve ja tarvittaessa mittoihin ja muotoihin liittyvät vaatimukset, tilan käyttö ja käyttäjät, keskeiset yhteydet ja vaikutukset muihin tiloihin, sisäilman olosuhteet, ääneneritys, valaistus, kuormitus, kestävyys, turvallisuus ja laatutaso, LVI-järjestelmät, sähköjärjestelmät, kalusteet, varusteet, laitteet, tilan jako-osat, sisäpuoliset pintarakenteet. Alkuperäisten vaatimusten muuttuessa suunnittelun edetessä, vaatimuksiin tehdyt muutokset kirjataan vaatimusdokumentaatioon. Projektilla tulee olla jatkuvasti käytettävissä ajan tasalla olevat vaatimukset. Vaatimusmuutosten kirjaamisesta vastaa tilaajan nimeämä vastuhenkilö. (RT 10-11066 2012, 6.)

6.4.2 Suunnittelumallivaihe

Suunnittelumallit luodaan vaatimusmalleihin määriteltyjen ja dokumentoitujen käyttäjän tarpeiden pohjalta. Suunnittelumallivaiheessa luodaan rakennuksen tilamallit, alustavat rakennusosamallit, rakennusosamallit ja tuoteosat.

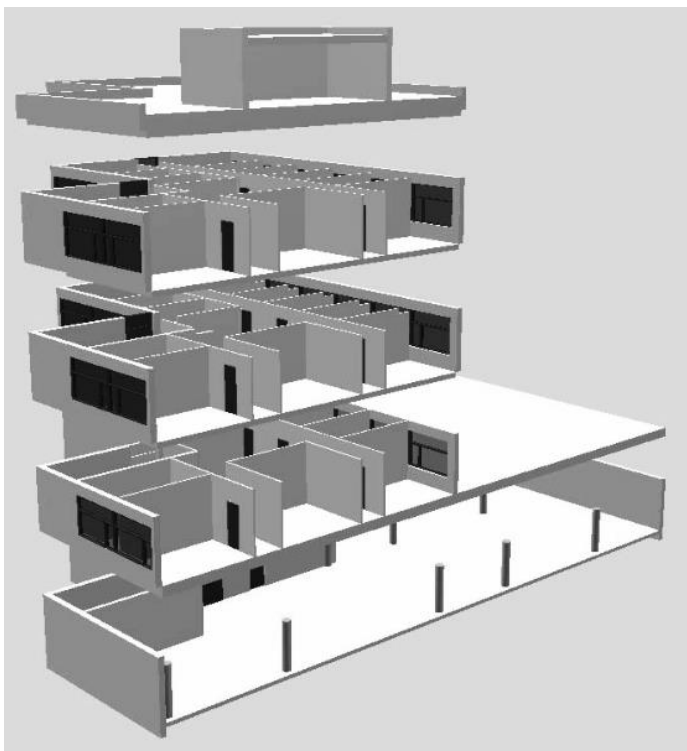
Arkkitehdit ovat perinteisesti, ennen tietokoneaikaa, luoneet tilamalleja pahvista tiloja leikkaamalla ja sommittelemalla näitä keskenään eri asemiin rakennuksen tilojen hahmottamiseksi. Nykyään tilaohjelma voidaan laatia siihen muotoon, että tilaohjelma on mahdollista liittää käytettäviin suunnitteluohjelmistoihin tilamalliksi. Taulukkomuodossa olevista tilaohjelmista voidaan tietokonetta käyttämällä luoda automaattisesti valmis tilamalli CAD-ohjelmiin, jota voidaan muokata halutun hahmotelman saamiseksi. Osa tilojen tiedoista saadaan suoraan mallin geometriatiedoista. Osa tilamallin tietosisällöstä sijoitetaan suoraan tilaobjekteihin. Tuotemallin tilaobjekteihin määritellään tilojen pintarakenteet; seinäpinnat, lattiamateriaalit, alakattomateriaali ja välipohjanpinnat. Rakennuksen tilamallintaminen tai alustavien rakenneosamallien tekeminen aloitetaan, kun rakennuksen hahmottelu on riittävällä tasolla ja tarvitaan rakennuksen tarkempia mittatietoja. Tilamallit tehdään joko 2D- tai 3D-muotoon, riippuen tuotemallipohjaisessa suunnittelussa käytetyn ohjelman ominaisuuksista. 3D-tuotemallintamisessa on oleellista, ettei rakennusosia mallinneta lainkaan CAD-järjestelmän kaksiulotteisilla alkioilla, sillä silloin niiden tieto ei siirry järjestelmien välillä esimerkiksi IFC-tiedonsiirrossa. (Niemioja ym. 2006b, 46-49.)



Kuva 8. Vasemmalla tilamalli pohjakuvana ja oikealla kolmiulotteisena esityksenä (Niemioja ym. 2006b, 47)

Alustava rakenneosamalli mallinnetaan vaatimusten asettamien ja tilamallin sisältävän tiedon avulla. Rakenteet mallinnetaan alustavassa rakenneosamallissa rakennusosille tarkoitetuilla mallinnustyökaluilla. Rakennuksen tilaobjektit luodaan viimeistään alustavien rakenneosamallien mallintamisen yhteydessä, jollei niitä ole luotu tilamallivaiheessa. Alustava rakenneosamalli on tilamallia hieman tarkempi luonnos-
telma, johon on mallinnettu rakennuksen rakenneosat massaobjekteina. Alustaviin

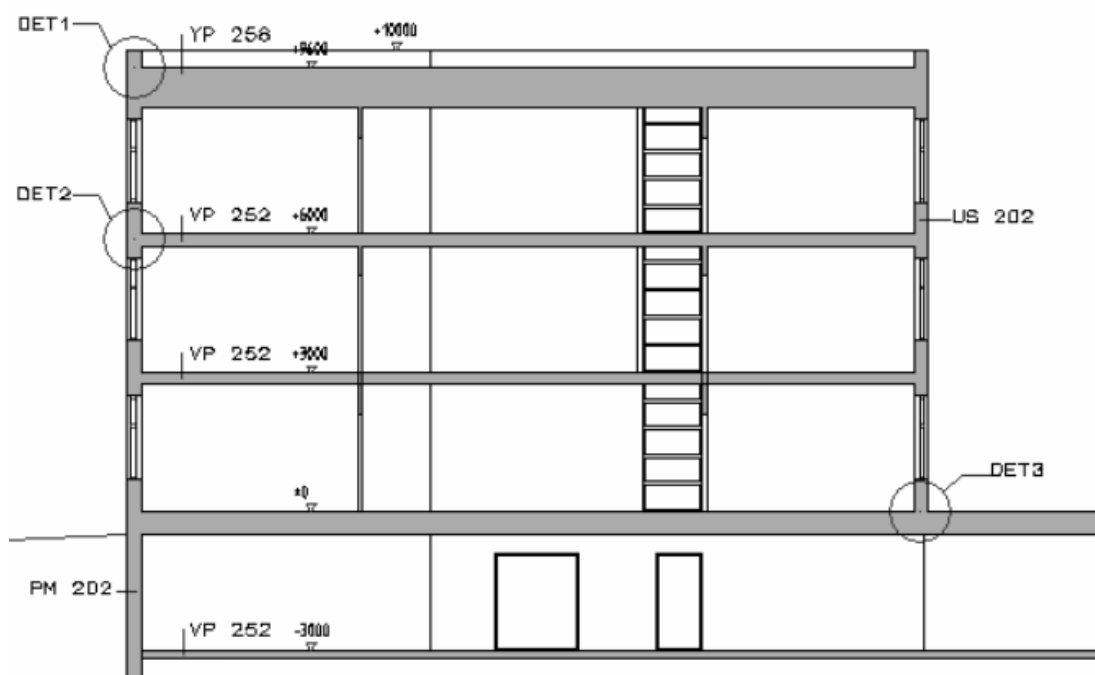
rakenneosamalleihin ei mallinneta esimerkiksi seinärakenteiden eri materiaali kerroksia ja laattojen elementtijakoa, sen sijaan alustavissa rakenneosamalleissa tulee olla näkyvissä rakenneosissa olevat aukot. Alustavassa rakenneosamallissa rakenteiden mallintamisessa seinät mallinnetaan alkamaan sovitusta lattiapinnasta ja liitetään ylemmän kerroksen välipohjan alapintaan. Laatat ovat mallinnettu sovitun paksuisina lattiapinnasta alaspäin. Alustavassa rakennusosamallissa rakenteisiin liittyvä tieto on peräisin hankeohjelman ja viranomaismääräysten mukaisista määräyksistä. Rakenteiden tieto voi olla liitettynä rakenneosaan, kirjattuna tilaobjektin tietoihin tai sijaita ulkopuolisessa tietokannassa. Alustavaa rakenneosamallia voidaan täydentää ikkunoilla, ovilla ja muilla tuoteosilla sekä niiden lähtöarvoilla, jonka jälkeen alustavan rakenneosamallin perusteella on mahdollista tehdä energialaskelmia ja elinkaarisimulointeja. (Niemioja ym. 2006b, 48-49.)



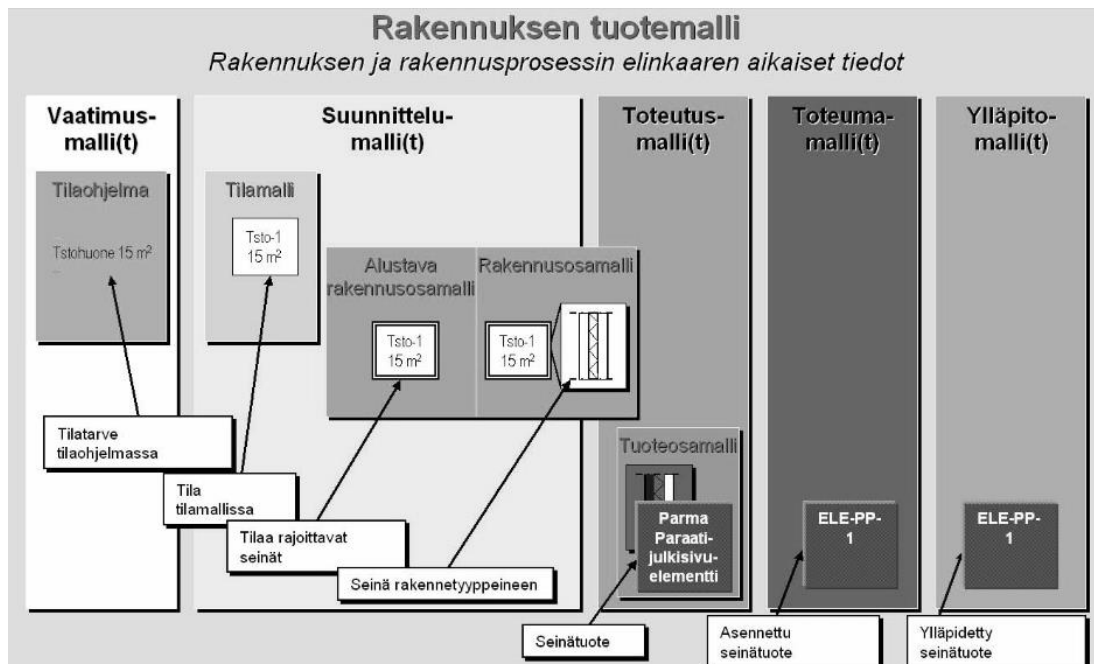
Kuva 9. ``Räjätyskuva`` alustavasta rakennusosamallista. (Niemioja ym. 2006b, 51)

Suunnittelumallivaiheen edetessä arkkitehdin tekemä alustava rakennusosamalli täydentyy rakennesuunnittelijan mallintamana rakennusosa- eli rakennemalliksi, joka vastaa perinteisessä rakennushankkeessa toteutussuunnittelua. Rakennesuunnittelija laatii suunnittelumallivaiheessa, arkkitehdin alustavan rakennusosamallin perusteella, koko rakennuksen laajuudelta rakennusosamallitasoiset tutkielmat tyyppirakenteista (RT 10-11066 2012, 7). Rakennusosamallissa rakenteet mallinnetaan todellisina tuot-

teina, joissa rakenteeseen on päivitetty tiedot rakenteen sisältämistä aineista ja osista. Rakennusosien geometriatiedot pitää mallintaa tarkasti, jotta rakenteiden liitokset suunnitella niiden perusteella oikein. Rakennusosamalleihin ei ole välttämätöntä määrittää tuotteiden toimittajaa, ellei käyttäjällä ole entuudestaan jo sovittu tuotteiden toimittajaa tai valmiina joitakin rakennuksessa käytettäviä tuotteita. Rakennusosamallin tulee olla toteutettu siten, että rakennusosamallin tietosisällöstä saadaan rakennusosien mitta- ja määrätiedot määrälaskentaohjeen mukaan jäseneltynä. Rakennusosamallissa rakennuksen täydentävät rakenneosat esitetään vielä yleisinä, ilman tarkkoja rakenteita ja materiaaleja. Rakennusosamallissa rakenteiden liittymät mallinnetaan mahdollisimman tarkasti. Rakennuksen rakenteellisesti hankalimmista kohdista kannattaa tehdä erillisiä detailjipiirustuksia ja leikkauskuvia, jotka on linkitetty 3D-mallinnusprojektiin siinä olevilla viittauksilla. (Niemioja ym. 2006b, 51; Nissinen, Penttilä, Valjus & Varis 2007, 23.)



Kuva 10. Rakennusosamalli, leikkaus. (Niemioja ym. 2006b, 55)



Kuvio 2. Esimerkki muutaman rakennusosan tietojen kehittymisestä tuotemallipohjaisen hankkeen eri vaiheissa. (Niemioja ym. 2006a, 29)

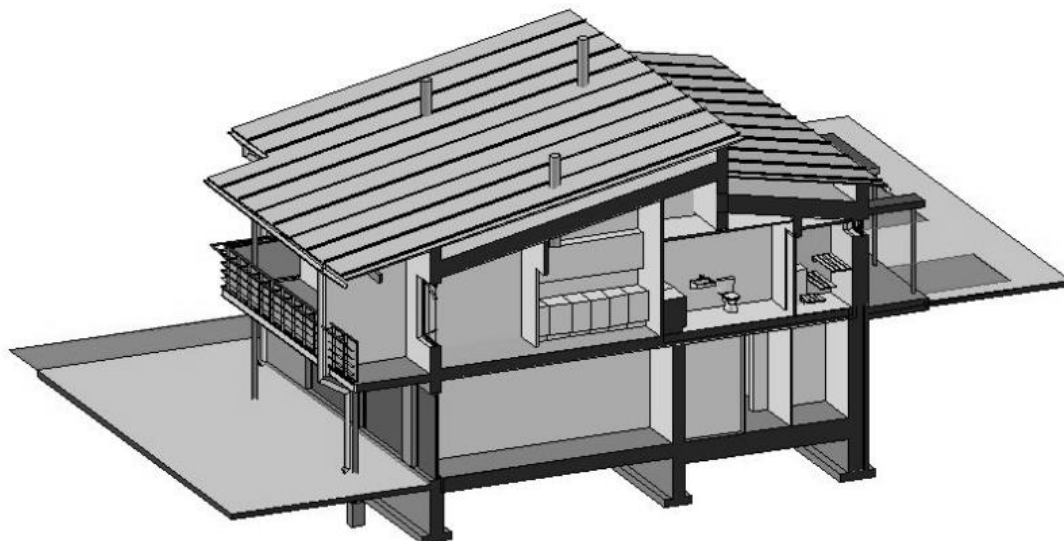
6.4.3 Toteutusmallivaihe

Toteutusmallivaiheessa laaditaan toteutussuunnitelma ja tuotantosuunnitelma, apuna käytetään alustavissa rakenneosamalleissa ja rakennusosamalleissa esiintyviä tietoja. Tilaajan tehtäviä toteutusmallivaiheessa ovat suunnittelun ohjaus ja suunnitelmien hyväksyminen. 3D-tuotemallipohjainen visualisointi ja analyysit auttavat rakennushankkeen osapuolten kommunikointia ja päätöksentekoa. Toteutusmallivaiheessa hyväksytään toteutusmalli niiltä osin, että toteutusmallin avulla voidaan siirtyä rakennushankkeen valmisteluvaiheeseen ja urakkatarjouskyselyihin. (RT 10-11066 2012; Nissinen ym. 2007, 23).

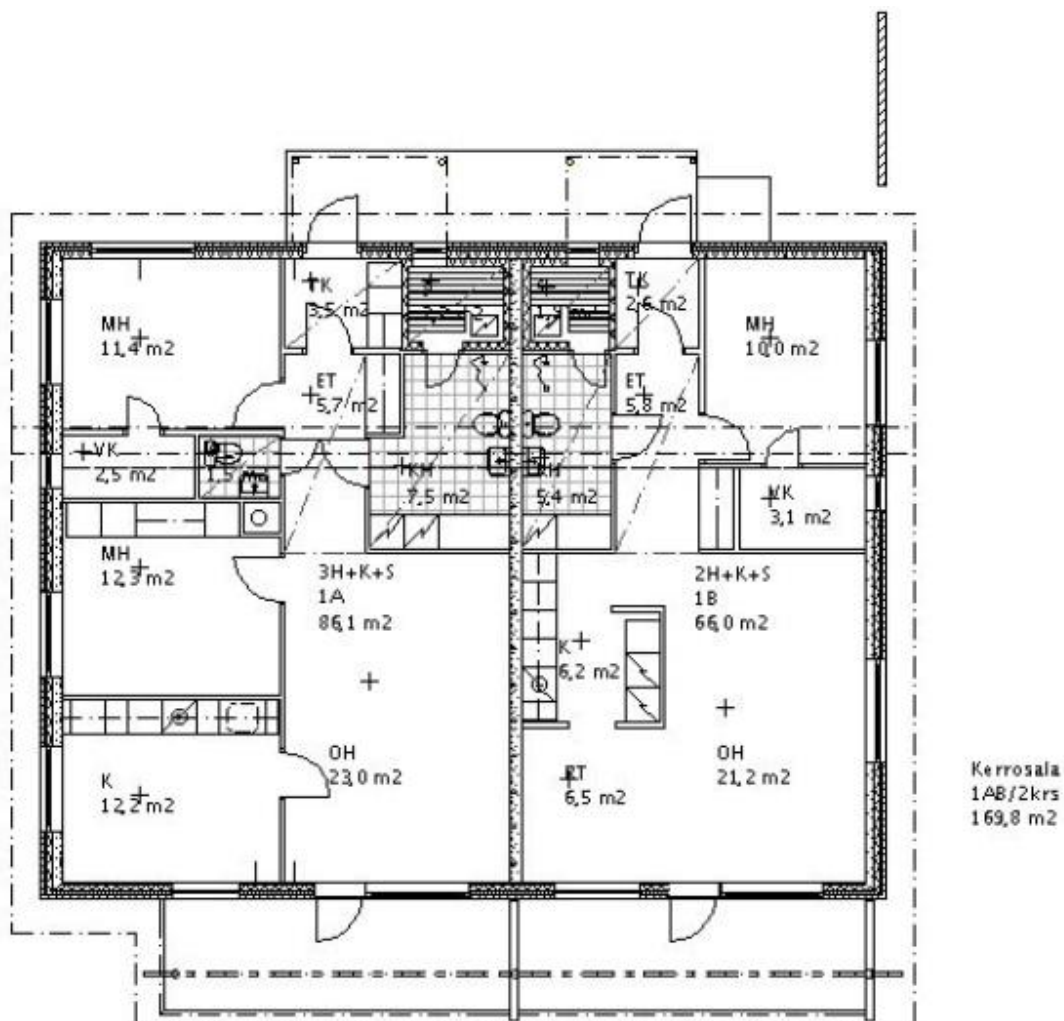
Toteutussuunnittelussa rakennesuunnittelija päivittää alustavat rakennusosamallit rakennusosamalleiksi. Rakennusosamallien luomisesta on kerrottu tarkemmin opinäytetyön luvussa 6.4.2. Toteutussuunnittelun aikana on tärkeää, että vastaava rakennesuunnittelija saa rakennemalliinsa hankkeen kaikilta muilta tuoteosasuunnittelijoilta rakennusosamallit rakenteista, tämä mahdollistaa vastaavan suunnittelijan hankkeen kokonaisuuden hallinnan ja suunnittelun. Suunnitelmat viimeistellään toteutusmallivaiheessa urakkatarjous-pyyntöjen edellyttämään tarkkuustasoon. Kaikkien suunnittelualojen tuotemallit tulee olla muiden saatavilla, mikä varmistetaan sopi-

malla riittävän tiheä tietomallien tallennus projektipankkiin. Vastaavan rakennesuunnittelijan mallista voidaan siirtää sopimusten mukaan tietoa tuoteosasuunnittelijoille. (RT 10-11066 2012, 9; Nissinen ym. 2007, 23).

Tuotantosuunnitelmien laatimisessa rakennusosamalliin lisätään rakenneosan tuottamiseen ja rakentamiseen tarvittavat tiedot, jolloin muodostuu tuoteosamalli. Osalle rakennusosista on mahdollista valita tuote jo suunnittelumallivaiheessa, jos rakenteena käytetään tilaajan valmiiksi määrittämää tuotetta. Tuoteosamallin tietosisältöön kuuluu rakennusosan suunnittelun ja toteutuksen määrittävät tiedot. Rakenteiden suunnittelussa tulee käyttää rakentamisessa käytettäviä rakenne ja tuoteosia. Tuotemallien sisältämät tiedot päivitetään projektista tehtyihin muihin asiakirjoihin, kuten luetteloihin ja selostuksiin. Tuoteosamallia laadittaessa tulee tarkistaa suunnitelmissa olevia tietoja ja mahdollisia päällekkäisyyksiä sekä täydentää rakennesuunnitelmia vastaamaan urakkatarjouspyyntöjen vaatimaa tarkkuutta, jotta tuotemallin perusteella voidaan kilpailuttaa ja valita rakennushankkeen urakoitsija tai urakoitsijat. Tuotemalleista saatavia määräluetteloita on mahdollista hyödyntää urakkatarjousvaiheessa ja kustannusarvioita laskettaessa. Tuotemallissa tulee myös ottaa huomioon täydentävien suunnitelmien laatiminen ja valmisosien suunnittelu. Lopullinen tuotemalli tehdään rakentamisprojektin toteutusta vastaavaksi. (Nissinen ym. 2007, 23-24.)



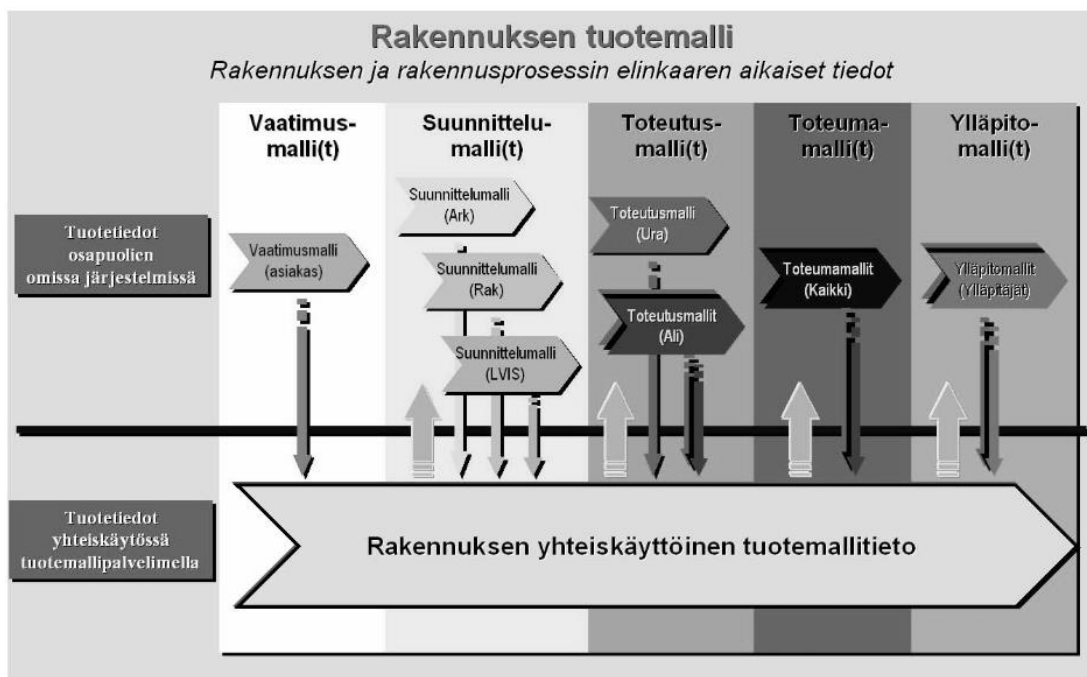
Kuva 11. 3D-tuoteosamalli leikattuna, virtuaalirakennus. (Niemiöja ym. 2006b, 82)



Kuva 12. Virtuaalirakennuksen tuotemallivaiheen malli 2. Kerroksen pohjapiirustus. (Niemioja ym. 2006b, 83)

6.4.4 Toteumamallivaihe

Toteumamallivaiheessa tallennetaan toteumamalliin rakennus- ja asennustöiden eteneminen. Tallentaminen tapahtuu päivittäin tai viikoittain, sovittuna päivänä ja sen tarkoituksena on havainnollistaa ja dokumentoida rakennus- ja asennustöiden eteneminen. Urakoitsija on velvollinen päivittämään muutostiedot toteumamalleissa. Toteumamallista tulee varmistaa, että rakentamisen aikana tehdyt muutokset rakenteisiin ja rakenneosiin on päivitetty toteumamalliin ja 3D-tuotemallimalli vastaa toteutunutta rakennusta. (RT 10-11066 2012, 10.)



Kuvio 3. Tuotemallitiedon kumuloituminen (Niemiö ja ym. 2006, 30)

6.4.5 Ylläpitomallivaihe

Kiinteistönomistajalle tärkeässä ylläpitomallivaiheessa voidaan simuloida 3D-tuotemallien avulla ylläpidon kustannusten ja elinkaari-vaikutusten hallintaa palvelevat energia-, olosuhde- ja ympäristötavoitteet. 3D-tuotemalli antaa mahdollisuuden kilpailuttaa palveluita todellisten laajuustietojen ja menekkien pohjalta. (RT 10-11077 2012, 3-4.)

Ylläpitomallivaiheessa toteumamallit siirretään ajantasaisina ja tietosisällöltään riittävinä ylläpidon tarpeisiin. Rakennuksen ja sen ulkoalueiden 3D-tuotemallinnus tapahtuu pääosin 3D-suunnitteluohjelmistojen avulla. Niiden perusvaatimuksena on, että suunnitteluohjelmiston alkuperäismallista voidaan tallentaa IFC-muotoinen avoimen tiedonsiirron malli. 3D-tuotemallinnusohjelmistojen alkuperäismalleja voidaan hyödyntää ylläpidon tehtävissä katseluohjelmien avulla sekä korjausrakennushankkeiden suunnittelussa. 3D-mallinnusohjelmistot ovat suunnittelijan työkaluja ja soveltuvat huonosti ylläpidon tarpeisiin. Ylläpidossa suunnitteluohjelmistojen alkuperäismalleja on mahdollista selata kevyempien ja helppokäyttöisempien katseluohjelmien avulla. (RT 10-11077 2012, 4.)

Ylläpitomallit tulee pitää ajan tasalla myös rakennushankkeen valmistumisen jälkeen. Ylläpitomallien päivitykset tehdään tietosisällön pysymisen varmistamiseksi samoilla suunnitteluohjelmistoilla, joilla alkuperäiset toteumamallit on luotu. Laajoissa muutoksissa, kuten korjausrakennushankkeet, päivitykset tekee suunnittelija. Pienet ylläpitoon ja huoltoon liittyvät muutokset, kuten laitteiden uusiminen, voidaan tehdä esimerkiksi kiinteistön oman henkilöstön tai ulkopuolisen asiantuntijan toimesta. Edellytyksenä on riittävä osaaminen mallinnustyökalun käyttöön ja mallinnusohjeiden noudattaminen. Ylläpitomallien päivityksissä on varmistettava suunnitteluohjelmistojen yhteensopivuus ja noudatettava samoja mallinnussääntöjä kuin suunnittelussa, jotta ylläpitomallien tuotetietojen tiedot säilyisivät. (RT 10-11077 2012, 4.)

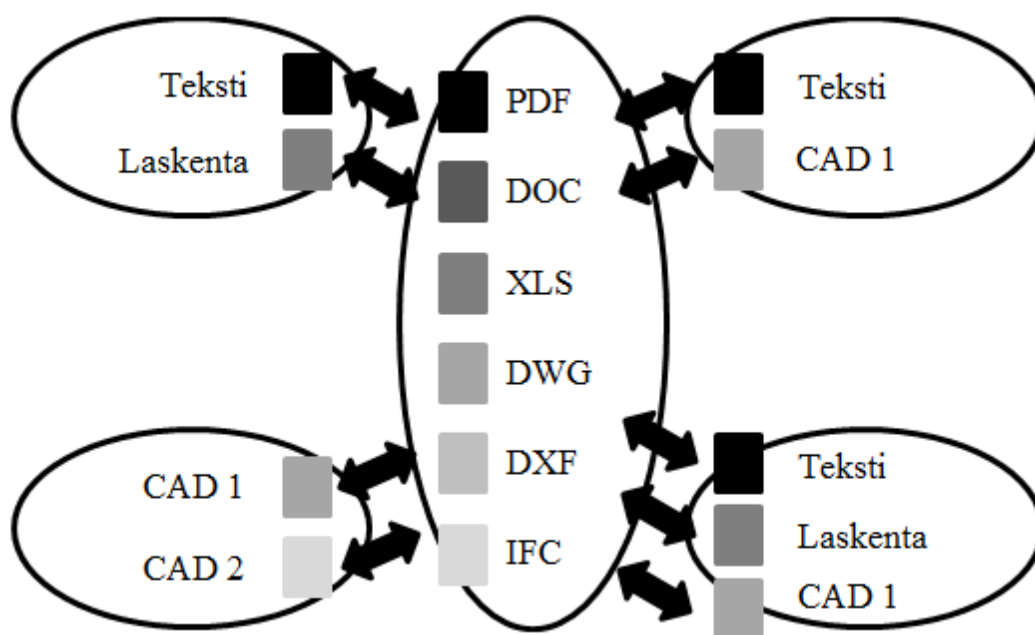
| Perinteinen hankevaiheistus | Päätökset | Tuotemallinnushankkeen vaiheistus | Päätökset |
|---|-------------------------|---|--------------------------------------|
| Tarvesuunnitteluvaihe | > Hankepäätös | Hankeohjelmointi, visualisointi, massamallit | > Hankepäätös > Investointipäätös |
| Hankesuunnitteluvaihe | > Investointipäätös | Vaatusmalli(t) Tilamalli(t) | |
| Luonnossuunnitteluvaihe | | Alustava(t) rakennusosamalli(t) (as required) | > Rakentamispäätös |
| Toteutussuunnitteluvaihe | > Rakentamispäätös | Rakennusosamalli(t) (as designed) | |
| Rakennuksen toteutuksen suunnitelmat | | Toteutusmalli(t) (as planned) | |
| Rakentamisen suunnitelmien lopullinen toteuma | > Vastaanottopäätös | Toteumamalli(t) (as built) | > Vastaanottopäätös |
| Käyttöönottovaihe | > Takuiden vapautuminen | Ylläpitomalli(t) (as maintained) | > Takuiden vapautuminen |

Taulukko 1. Rakennushankkeen vaiheet perinteisesti (vasemmalla) ja Tuotemallihankkeen (oikealla). (Niemi ym. 2006a, 32)

7 IFC-TIEDONSIIRTO

3D-tuotemallinnuksessa sähköinen tiedonsiirto on välttämätöntä. Sähköisen tiedonsiirron avulla rakennushankkeen eri osapuolet saavat toisiltaan paikkaansa pitävää ja ajan tasalla olevaan suunnittelutietoa. 3D-tuotemallintamisessa yhteisesti sovittujen ja käytettävien ohjelmien tiedonhallinta- ja tiedonsiirtotyökalut mahdollistavat hankkeen tehokkaan toteutuksen. Suomessa 3D-tuotemallintamisessa on yleisesti käytössä kansainvälinen IFC-tiedonsiirtostandardi. Tuotemallipohjaisessa rakennushank-

keessa tiedonsiirtoon eri osapuolten välillä tulisi käyttää rakennushanketta varten luotua projektipankkia. Projektipankki toimii suunnittelutiedon kokoamis-, arkistointi ja jakelutapana. Projektipankissa tapahtuva tiedon siirto ja dokumentointi mahdollistaa sen että, rakennushankeen osapuolet voivat käyttää projektipankin dokumenttien käsittelyyn haluamaansa ohjelmaa.



Kuvio 4. Kaavio projektipankin toiminnasta (Nissinen ym. 2007, 36.)

IFC-tiedonsiirto mahdollistaa suunnitteluohjelmista riippumattoman tavan siirtää kolmiulotteista tuotetietoa sovellusten välillä. IFC-tiedonsiirron periaate on, että tietoa tallentava ohjelmistosovellus käsittelee tiedot ohjelman omasta sisäisestä tiedontallennusmuodosta IFC-tallennusmuotoon, ja tallennetun dokumentin avaava sovellus käsittelee vastaavasti tiedot IFC-tallennusmuodosta omaan sisäiseen muotoonsa. 3D-Tuotemallinnuksessa käytettäville ohjelmille perusvaatimuksina ovat IFC-tiedonsiirtoformaatin luku- ja kirjoitustyökalut. IFC-tiedonsiirto ei mahdollista piirto- tai muotoisen tiedon siirtämistä. IFC:llä on ainoastaan mahdollista tallentaa oliotietoa eli 3D-geometria ja parametreja, oliojoukkoja ja niiden ominaisuuksista käytetään usein myös termiä entiteetti. (Anttonen 2008, 24; Nissinen ym. 2007, 37.)

IFC-tiedonsiirto standardeista vuonna 2013 päivitetyn uusimman IFC4-version kattamia rakentamisen ja kiinteistönpidon alueita ovat: arkkitehtuuri, talotekniikka, rakennesuunnittelu, hankinta, rakennussuunnittelu, laitosjohtaminen, projektinhallinta,

asiakkaan vaatimusten hallinta ja rakennusviranomaisten luvat (BuildingSMART International 2013).

Rakennushankkeen tuotemallien yhtäaikainen käyttö vaatii tuotemallipalvelimia, joihin hankkeen osapuolet ovat liitetty. Yhtäaikainen käyttö tarkoittaa, että rakennushankkeen yhteisessä tietokannassa olevia tietoja voidaan käyttää ja päivittää usealla eri sovelluksella samanaikaisesti. Tuotemallipalvelimien kautta voidaan hallita käyttäjien oikeuksia, rooleja, ja omistajuutta. Tuotemallipalvelimen käyttäjä pystyy määrittämään itse tarvitsemansa tiedon määrän. Erona projektipankkiin on se että, tuotemalleja käytetään tuotemallien ja tuotetiedon jakamiseen ja yhteiskäyttöön projektissa, kun taas projektipankkeja käytetään dokumenttien jakamisessa ja yhteiskäytössä.

8 TALO 2000 NIMIKKEISTÖ

Talo 2000 -nimikkeistö on Suomessa rakennusalan yhteistyönä syntynyt, julkiseen käyttöön tarkoitettu, nimikkeistöjärjestelmä. Se on luotu tiedonvaihdon perustaksi rakennushankkeen kaikkien osapuolien käyttöön. Talo 2000 -nimikkeistö luo yhteisen käytännön rakennusosien nimeämiselle ja parantaa rakennusprosessin osapuolten välistä tiedonsiirtoa. Talo 2000-nimikkeistö on luotu nimenomaan tuotemallintamiseen huomioon ottaen. Tuotemallintamisessa tilojen luokittelussa voidaan käyttää Talo 2000-nimikkeistön tilanimikkeistöä. Rakennusliikkeet käyttävät vielä suurelta osin tietojärjestelmissään Talo 80-nimikkeistöä. Kun tuotemallintaminen ja tuotemallipohjaisessa suunnittelussa apuna käytetty Talo 2000-nimikkeistön käyttö yleistyy, tämä mahdollistaa Talo 2000-nimikkeistö luontevan käytön määrälaskennassa, joka puolestaan ohjaa koko rakennushanketta Talo 2000-nimikkeistön käyttöön. (Niemi ym. 2006b, 36.)

Talo 2000-nimikkeistössä on järjestelmällisesti luetteloitu rakentamiseen liittyvien kokonaisuuksien hallinta osia. Tuotemallintamisessa tärkeimmät Talo 2000-nimikkeistön osia ovat tilanimikkeistö, hankenimikkeistö ja CAD-kuvatasojärjestelmä. Rakennuksen 3D-tuotemallinnuksen fyysiset osat koostuvat Talo 2000-nimikkeistön rakennusosasta ja talotekniikkaosasta. Muut nimikkeet ovat

tehtäviä ja kustannuksia. Hankevarauksia käytetään vain hankekustannuslaskennassa. (Niemioja ym. 2006a, 39-40.)

8.1 Talo 2000 Tilanimikkeistö

Tuotemallintamisessa tilojen luokittelussa käytetään talo 2000 tilanimikkeistöä. Tilanimikkeistön avulla rakennus jaetaan omiksi huoneisto- ja tilatyypeiksi. Tilanimikkeistössä esiintyvät tilat vastaavat rakennuksen huoneistoihin liittyviä tavanomaista käyttötarkoitusta. Jäsentelyä tarvitaan tilojen toimivuuden, laatuominaisuuksien ja määrien määrittämiseksi. Tilanimikkeistön avulla voidaan eritellä tiloja rakennushankkeessa sekä kiinteistönpidossa muun muassa tilaohjelmassa, tilaselostuksessa ja tilakustannuslaskelmassa. Rakennuksessa käytetään tilanimikkeiden sijaan käyttäjän määrittämiä tilojen yksilöintitunnuksia kuten huonenumerointia. (Niemioja ym. 2006a, 41.)

Talo 2000 tilanimikkeistössä jokaista huone- ja tilaluokkaa vastaa numeerinen koodi ja sanallinen otsikko, yhdessä ne ovat luokitustunnus. Tilojen ja huoneiden merkitsemiseen on käytettävä luokitustunnusta. Taulukoissa ja kaavioissa voidaan käyttää myös pelkkää koodia, jos taulukoissa tai kaavioissa on puutetta tilasta. Talo 2000 tilanimikkeistön luokitus koostuu kahdesta luokitustaulusta. Ensimmäinen kuvailee huoneistojen ja toinen tilojen luokkia. Taulut ovat toisistaan riippumattomat, mutta niitä käytetään yhdessä. Huoneistojen luokituksessa on käytössä kolme numeroa, jotka ovat samat kuin Tilastokeskuksen rakennusluokituksessa. Tilatyypin luokitukseen voidaan käyttää ykkösestä n:teen -numeroista luokitusta. Talo-päätoimikunta on vahvistanut vain kaksinumeroiset luokat. Luokkia voidaan lisätä Talo 90 -julkaisun tilanimikkeistö mukaan. Yritys- ja hankekohtaisia lisäluokkia on mahdollista laatia, kunhan vahvistetuista luokista ei poiketa. Rakennuksen tiloja luokiteltaessa valitaan ensin huoneistotyyppin luokka huoneiston käyttötarkoituksen mukaan. Huoneistotyyppiin liitetään tilatyyppin luokitus. Huoneistojen ja tilojen numerotunnusten välissä käytetään kaksoispistettä erotusmerkinä, esimerkiksi 311:512 teatterin vaatetila. Automaattisessa tietojenkäsittelyssä voidaan käyttää myös kiinteän pituisia luokitustunnuksia ilman kaksoispistettä esimerkiksi 31151200, jossa on kolme numeroa huoneistotyyppille ja viisi numeroa tilatyyppille. (Rakennustieto Oy 2000, 1.)

8.2 Talo 2000 Hankenimikkeistö

Talo 2000 Hankenimikkeistö koostuu rakennusosista, tekniikkaosista, edellisiin kohdistuvista rakenneosista sekä hanke-, kiinteistö- ja käyttäjätehtävistä. Talo 2000 hankenimikkeistö sisältää hankevaraukset rakennushankkeen hankelaskennassa ja hinnan määrittämisessä. Hankenimikkeistö on luotu erittelemään rakennushankkeen toteutus rakennusosittain ja työtehtävittäin kustannusten kannalta.

Talo 2000 hankenimikkeistössä rakennusosat on ryhmitelty rakenneosiin, kun yhden rakennusosan tuottaminen vaatii usean tuotantonimikkeen soveltamista. Rakennusosat rakennetaan tuotantonimikkeistön jaottelua noudattaen. Rakenneosat koostuu yhdestä tai useammasta rakennustuotteesta ja sisältää tuotteen asentamistyön sekä asennustuotteet. Talo 2000 hankenimikkeistön rakenneosan jaottelu on ohjeellinen ja sitä tulee soveltaa tapauskohtaisesti harkiten. Rakennusosien määrittämisperusteet on tehty suunnittelu- ja tuotantoratkaisuista riippumattomiksi. Esimerkiksi ulkoseinä-rakenne mitataan aina samalla tavalla ja samoin perustein. Rakennusosaa rakennettaessa osa jaetaan tuotantomääriin sen mukaan, kun suunnitteluratkaisu sitä edellyttää. (RT 10-10962 2009, 1.)

| | |
|----|--------------------------------|
| 1 | RAKENNUSOSAT |
| 11 | Alueosat |
| 12 | Talo-osat |
| 13 | Tilaosat |
| 2 | TEKNIikkaOSAT |
| 21 | Putkiosat |
| 22 | Ilmanvaihto-osat |
| 23 | Sähköosat |
| 24 | Tiedonsiirto-osat |
| 25 | Laiteosat |
| 3 | HANKETEHTÄVÄT |
| 31 | Hankkeen johtotehtävät |
| 32 | Suunnittelutehtävät |
| 33 | Rakentamisen johtotehtävät |
| 34 | Työmaatehtävät |
| 4 | KIINTEISTÖTEHTÄVÄT |
| 41 | Maa-alue tehtävät |
| 42 | Rahoitus ja markkinointi |
| 5 | KÄYTTÄJÄTEHTÄVÄT |
| 51 | Tilavarustus |
| 52 | Toiminnan ylläpito |
| 6 | HANKEVARAUKSET |
| 61 | Suunnitelma- ja hintamuutokset |
| 62 | Muut varaukset |

Taulukko 2. Hankenimikkeistö (RT 10-10962 2009, 1)

Talo 2000 hankenimikkeistön rakennusosien luokittelua käytetään suunnitelmissa, piirustuksien tulosteissa, luetteloissa, laskelmissa ja budjeteissa. Talo 2000 hankenimikkeistöllä kuvattuun rakennukseen liitetään tuotanto- ja rakennustuotenimikkeistöille rakennustyön käytännön suunnittelu sekä tuotteiden ja tarvikkeiden hankinta erittely.

8.3 Talo 2000 Kuvatasojärjestelmä

Rakennushankkeissa käsitellään tietoja pääasiallisesti digitaalisessa muodossa lukuisilla eri ohjelmilla. Digitaalisen tiedon luomiseen ja käsittelyyn rakennushankkeissa käytetään hyvin usein CAD-järjestelmiä. CAD-järjestelmien kuvatasot ovat mekaniismi rakennushankkeen tietosisällön jäsentelyyn. Kuvatasojen avulla voidaan suodattaa ja hallita mitä tietoa suunnitelmat sisältävät sekä mitkä suunnitelman osista ovat näkyvissä tulostamisessa tiedonsiirron yhteydessä. Kuvatasojen käytön merkitys on tärkeää projektin osapuolten välisessä tiedonsiirrossa. Kuvatasojen käytön perusteet ja tavoitteet on sovittava hankekohtaisesti. (RT 15-10919 2008, 2.)

Talo 2000 kuvatasojärjestelmä on jaettu kolmeen osaan, jotka ovat: piirustusmerkinnot, rakennusosat ja pinta-alat. Rakennusosat ovat Talo 2000 kuvatasojärjestelmässä jäsenneilty Talo 2000 hankenimikkeistön mukaisesti. Talo 2000 kuvatasonimikkeistö on suunniteltu soveltumaan tuotemallipohjaiseen suunnitteluun. Kuvatason nimi koostuu ennalta määräytyistä kentistä. Tiedonsiirron kannalta tärkeimmät kentät ovat kaksi ensimmäistä kenttää. Sen muodostaa osapuolitunnus ja Talo 2000 hankenimikkeistöön perustuva numeerinen tunnus. Tasoille annettavien selitteiden tulee olla yksilöllisiä. (RT 15-10919 2008, 3.)

| kuvatasonimi | kuvaus |
|-----------------|-------------|
| AR1234E5_PALKKI | Palkit, puu |

Kuvio 5. Esimerkki kuvatasojärjestelmän käytöstä

| osapuolitunnus | tunnus | tarkenne | tietotyyppi ja sen tarkenne | status | selite | kuvaus |
|----------------|--------|----------|-----------------------------|--------|-------------|---|
| AR | 1241 | | | | _US | Ulkoseinät |
| AR | 1241 | 1 | | | _US-RAK | Ulkoseinärakenne |
| AR | 1241 | 2 | | | _US-ERISTYS | Eristys ja tuulensuoja |
| AR | 1241 | 3 | | | _US-JSRAK | Julkisivurakenne |
| AR | 1241 | | E | 42 | _USK-SKE | Kantavan ulkoseinän sisäkuorielementti |
| | | | | | | Vapaa kuvaus |
| | | | | | | Hanke- tai yrityskohtainen tai hankenimikkeistön mukainen |
| | | | | | | Sovittu kuvatasojärjestelmässä yhdenmukaiseksi |
| | | | | | U | uusi (oletuksena ei esitetä) |
| | | | | | S | säilytettävä |
| | | | | | P | purettava |
| | | | | | T | tilapäinen |
| | | | | | S | siirrettävä |
| | | | | | L | siirrettävä lopullinen sijainti |
| | | | | | | Hanke- tai yrityskohtainen |
| | | | | | 41 | betonirunkorakentaminen (esimerkiksi tuotantonimikkeistö) |
| | | | | | 42 | betonielementtirakentaminen (esimerkiksi tuotantonimikkeistö) |
| | | | | | | Sovittu kuvatasojärjestelmässä yhdenmukaiseksi |
| | | | | | P | piirustusmerkinnät |
| | | | | | ... | |
| | | | | | M | malliin liittyvät tiedot |
| | | | | | ... | |
| | | | | | | Hanke- tai yrityskohtainen |
| | | | | | 1...99 | |
| | | | | | | Hankenimikkeistön mukainen |
| | | | | | | Sovittu kuvatasojärjestelmässä yhdenmukaiseksi |
| | | | | | AR | Arkkitehtisuunnittelija |
| | | | | | RA | Rakennesuunnittelija |
| | | | | | ... | |

Kuvio 6. Kuvatasoille jäsenellään 2-ulotteisia piirustusmerkintöjä, rakennusosia sekä tiloja. Rakennusosat ovat jäsennellyt kuvatasoille Talo 2000 hankenimikkeistön mukaan. (RT 15-10919 2008, 3)

Rakennusosien kuvatasojen nimeäminen Talo 2000 kuvatasojärjestelmällä sisältää kahdeksan eri tietokenttää. Talo 2000 kuvatasojärjestelmän määrittämät tietokentät kuvatasolle ovat: osapuolitunnus, tunnus, tarkenne, tietotyyppi ja tietotyypin tarkenne, status, seliteosa ja kuvaus.

Osapuolitunnus kuvaa kuvatazon määrittäneen osapuolen suunnittelualaa. Osapuolitunnus on kaksimerkkinen tunnus, jonka ensimmäinen merkki on aina kirjain. Toinen merkki osapuolitunnuksessa voi olla numero, jolla voidaan erotella saman suunnittelualan osapuolia. Kuvatazon tietokentistä tunnus on aina numeerinen ja se on määri-

telty Talo 2000 hankenimikkeistön mukaan. Kuvatasonimissä poiketaan nimistöstä käyttämällä 9-päätyviä tunnuksia erittelemättömille asioille, kuten esimerkiksi AR9, joka tarkoittaa arkkitehdin tiloja yleisesti. Tarkenne tietokenttään käytetään tunnuksen tarkentamiseen. Tarkenteen avulla voidaan jaotella esimerkiksi seinät kantaviin ja ei-kantaviin. Tarkennenumero jatkaa käytettäessä nelinumeroista talo 2000-tunnusta yhdellä tai kahdella numerolla. Tietotyyppi ja tietotyypin tarkenne jaetaan yksinkertaisimmillaan kahteen pääryhmään, joiden tasoja ovat malliin liittyvät tiedot ja piirustusmerkinnät. Tietotyyppi on aina kirjain, jota voidaan tarkentaa numeroilla. Toisen merkin avulla, usein numero, voidaan rakennusosiin liitetyt tekstiosat jakaa monille kuvatasoille eri esitystapoja varten. (RT 15-10919 2008, 4).

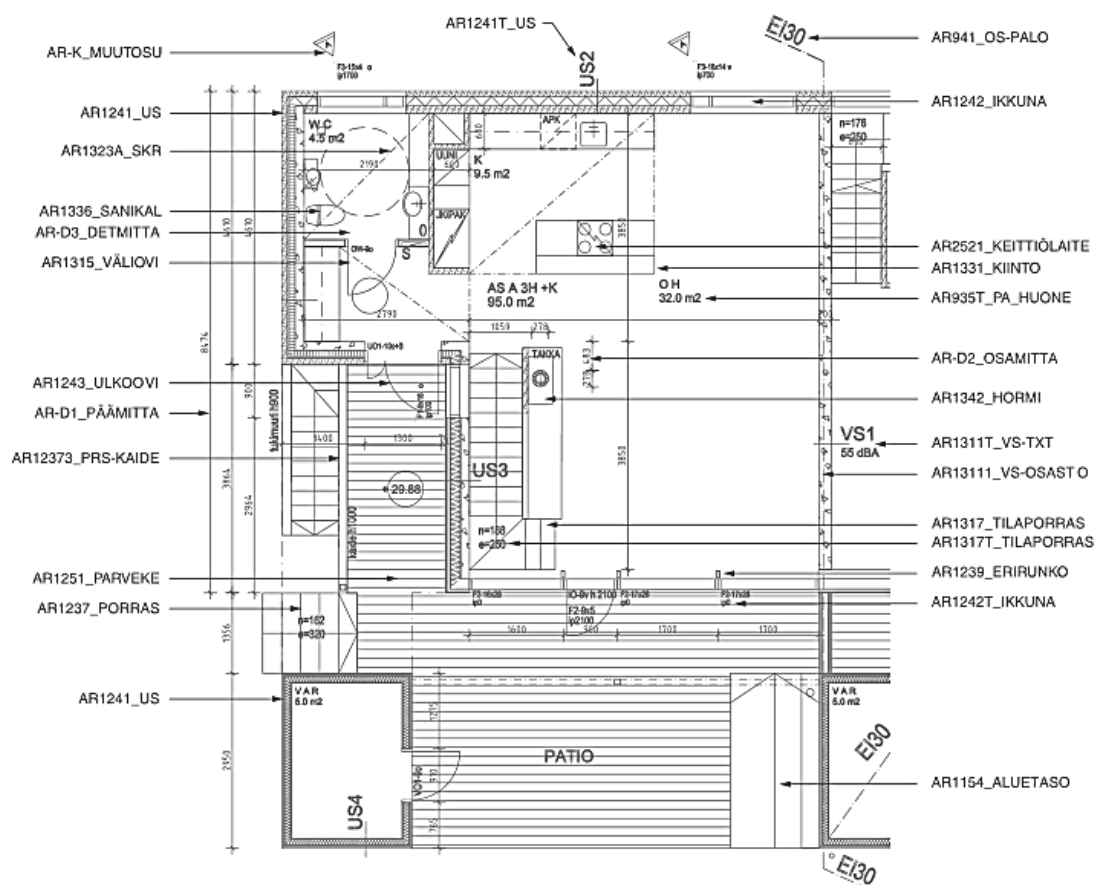
| | | | |
|----|--|----|-----------------------------------|
| AR | Arkkitehtisuunnittelija | LJ | LVI-jäähdytysuunnittelija |
| GE | Geosuunnittelija | LV | LVI-vesi- ja viemärisuunnittelija |
| RA | Rakennesuunnittelija | LL | LVI-lämmityssuunnittelija |
| RK | Rakennuttaja | ML | Määrälaskija |
| SI | Sisustussuunnittelija | MS | Maisemasuunnittelija |
| AK | Akustiikkasuunnittelija | MT | Mittaaja |
| HA | Hankesuunnittelija | PR | Prosessisuunnittelija |
| HI | Hissi- ja muu siirtolaitesuunnittelija | MA | Maisema-arkkitehti |
| LI | LVI-ilmastointisuunnittelija | PT | Paloturvusuunnittelija |
| EL | Elementtisuunnittelija | TV | Turvasuunnittelija |
| KA | Kaavoittaja | SH | Sähkösuunnittelija |
| | | UR | Urakoitsija |

Taulukko 3. Esimerkkejä osapuolitunnuksista (RT 15-10919 2008, 4)

| P | Piirustusmerkinnät | M | Malliin liittyvät tiedot |
|----------|---------------------------------|----------|---------------------------------|
| PB | Piirustusrajaukset | ME | Rakennusosat |
| PBF | Rajaviivat | MA | Merkinnät |
| PBO | Muut arkkimääritykset | MAH | Rasterointi |
| PV | Tekstit | MAT | Tekstit |
| PVW | Nimiö | MAD | Mitoitus |
| PVN | Huomautukset | MAJ | Leikkaus- ja detaljimerkinnät |
| PI | Taulukkoinformaatiot | MAK | Muutosmerkinnät |
| PIL | Piirustusmerkintöjen selitykset | MG | Moduulit |
| PIS | Jakelu- ja muutostaulukot | MGY | Moduuliviivoitus |
| PIQ | Muut taulukot | MGZ | Moduulimitoitus |
| | | MU | Käyttäjän merkinnät |
| | | MUR | Punakynämerkinnät |
| | | MUC | Apuviivat |
| | | MUX | Luonnos |

Taulukko 4. Tietotyypissä käytettäviä tunnuksia, tietotyypissä käytetään aina viimeistä kirjainta. (RT 15-10919 2008, 5)

Status-kenttä kuvaa kuvatason sisältöä. Uudisrakennuksissa status-kentän oletuksena on U, jota ei tarvitse uudiskohteissa esittää. Muutos- ja korjaussuunnitelmissa status-kenttä on käytännöllisempi, sillä siihen voidaan merkitä tieto rakenteelle tapahtuvasta toimenpiteestä. Talon 2000 kuvatasojärjestelmän seliteosa on tekstimuotoinen tunnus, joka on yhdenmukainen kuvatasonimessä esiintyvien numeroiden kanssa. Seliteosassa ei ole tarkoitus eritellä rakennusosan työlajeja tai materiaaleja. Työlajien ja materiaalien erittely voidaan tehdä tarkenne tietokentässä. Kuvaus-tietokenttään kirjataan selkokielinen kuvaus kuvatason sisällöstä. (RT 15-10919 2008, 6).



Kuva 13. Esimerkki kuvatason käytöstä pohjapiirroksen yhteydessä. (RT 15-10919 2008, 5)

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön päätarkoituksena oli luoda työn tilaajalle päivitettyä tietoa, työn kohteena olevan rakennuksen rakenteista ja tiloista. Työssä tehdyt sähköiset piirustukset ja tilaluettelo vastaavat tilaajan asettamia tarpeita ja työn vaatimuksia mielestäni hy-

vin. Työstä tuli myös omasta mielestäni varsin hyvä ja olen erittäin tyytyväinen työsuoritukseni ja mallintamisesta opittuihin asioihin.

Työssä tehty tilaluettelo on selkeästi jäsennelty ja tilojen tiedot ovat helposti luettavissa ja muokattavissa. Excel-taulukkoon voidaan myös helposti lisätä uutta tietoa tiloista. Tilaluettelon luonti ei varsinaisesti tuonut mitään uutta oppia työn tekijälle. Sen sijaan tarkemittauksen aikana tehtyjen mittauksien suorittamiseksi, työn tekijä oppi oikeat mittaus menetelmät tilojen sisämittojen määrittämiseksi.

Opinnäytetyössä valmistetut pohjapiirustukset päivitettiin nykyisiä rakenteita vastaaviksi käyttäen työn tekijälle entuudestaan tutua Autocad-ohjelmaa. Pohjapiirustusten luomisessa suurin hankaluus oli suurien tulosteiden asettelumallin luonti, jotta kuvat saatiin tulostettua oikeassa suhteessa ja tulosteelle määriteltyä oikean kokoinen paperi. Pohjapiirustuksien sisältämät merkinnät ja kuvat asetettiin muokattiin tilaajan ohjeiden mukaisiksi työaikana tilaajalta saatujen toiveiden mukaan.

Suurin yksittäinen osio työssä oli rakennuksen 3D-mallinnus. Mallinnus onnistui työn tekijän omasta mielestä erinomaisesti. Mallinnuksen alkuvaiheen vaikeuksien jälkeen työ alkoi edetä kokoajan nopeammin, kun työn tekijä oppi käyttämään Revit-ohjelman mallinnus-komentoja koko ajan paremmin ja tehokkaammin. Revit oli työn alussa jo tuttu mallinnus-ohjelma, mutta työn tekemisen ohella ohjelmaa oppi käyttämään entistä monipuolisemmin ja tehokkaammin. Usein oppiminen tapahtui kokeilun ja erehdyksen kautta tai Revit-ohjelman opetusvideoita katselemalla.

Raportin kirjoituksen aikana työn tekijä oppi tuotemallintamisen ja rakennushankkeen yhtymäkohdat sekä niiden vaiheet. Samalla työssä esiteltävät tuotemallintamisen hyödyt loivat itselleni ison kysymyksen: ”miksi tuotemallintaminen on vielä varsin vähäistä, vaikka siitä saatavat hyödyt ovat suuria?”. Varsinaista työtä ei ajanpuutteissa olisi voinut nykyistä enempää suurentaa, päinvastoin työn rajausta olisi voinut olla vielä tiukempi. Työtä voisi mahdollisesti jatkaa 3D-mallintamisesta aina 3D-tuotemallintamiseen asti, jolloin siitä olisi vieläkin suurempi hyöty rakennuksen ylläpidon aikana sekä tietenkin mallintamalla rakennuksen muut osat.

10 LÄHTEET

Koivuniemi, J. 2004. Joen rytmissä; Porin kaupungin historia 1940-2000. Pori: Satakunnan Museo.

Porin teknillinen oppilaitos lukuvuosi 1981-1982. 1982.

Lindh, T. n.d. Betonibrutalismista ruutuelementteihin 1960-1975. Viitattu 20.11.2015.
http://www.rakennusperinto.fi/kulttuuriymparisto/artikkelit/fi_FI/asuinkerrostalot4/

Erkki, M. Malinen, M. Neuvonen, P. Sinkkilä, J. Tuunanen, A. 1989. Kerrostalot 1940-1960. Helsinki: Rakennustietosäätiö

Laitinen, E. 1996. Teollinen betonirakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 03-10525. Rakennusten ja rakennusosien mittajärjestely. 1993. Helsinki: Rakennustieto.

RT 12-11055. Rakennuksen pinta-alat. 2011. Helsinki: Rakennustieto.

Niemioja, S., Nissinen, S. & Penttilä, H. 2006a. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa: yleiset periaatteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Niemioja, S., Nissinen, S. & Penttilä H. 2006b. Tuotemallintaminen arkkitehtisuunnittelussa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 10 -11066. Yleiset tietomallivaatimukset: osa 1. yleinen osuus 2012. Helsinki: Rakennustieto.

Nissinen, S., Penttilä, H., Valjus, J. & Varis, M. 2007. Tuotemallintaminen rakennussuunnittelussa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

BuildingSMART International. 2013. Industry Foundation Classes Release 4. Viitattu 12.11.2015. <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/>

Anttonen M. 2008. IFC-tietomallin mukaisen tiedon jäsentäminen, käsittely ja siirto. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 12.11.2015.
<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/38109/nbnfi-fe200805131372.pdf?sequence=2>

Talo 2000 tilanimikkeistöt. 2000. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 16.11.2015
https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/nimikkeistot_21/talo2000.html

RT 15-10919. CAD-kuvatasojärjestelmä: Talo 2008 -nimikkeistöön perustuvat CAD-kuvat. 2008. Helsinki: Rakennustieto.

Liiteluettelo

| | |
|---------|-----------------------------|
| LIITE 1 | 1. kerroksen pohjapiirustus |
| LIITE 2 | 2. kerroksen pohjapiirustus |
| LIITE 3 | 3. kerroksen pohjapiirustus |
| LIITE 4 | Piirustus A101, 3D-Kuvat |
| LIITE 5 | Piirustus A102, 3D-Kuvat |