



Tietomalliprototyypin tuottaminen ope- tuskäyttöön

Jaro Sonninen

Opinnäytetyö, AMK

Marraskuu 2021

Tekniikan ala

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto- ohjelma

Sonninen Jaro

Tietomalliprototyypin tuottaminen opetuskäyttöön

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Marraskuu 2021, 38 sivua.

Tekniikan ala. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa malli, jolla voidaan opettaa tietomallinnusta ja tyyppirakenteita. Toimeksiantajan pyynnöstä luotiin tietomalli, johon sisällytettiin yleisimpiä tyyppirakenteita betoni- ja teräsmateriaaleilla. Tietomalliin lisättiin myös opetusvideoita, joiden avulla pystyy oppimaan objektien lisäämistä tietomalliin Tekla Structures ohjelmalla.

Opinnäytetyön toteutus suoritettiin suunnittelemalla esimerkkirakennus, johon voidaan toteuttaa eri materiaalien tyyppirakenteet ja josta voidaan tehdä tietomalli. Rakennuksen suunnittelussa pyrittiin yksinkertaiseen ratkaisuun käytännöllisyyteen. Tietomallin tuottamiseen käytettiin Tekla Structures ohjelmaa. Tietomallia tehdessä otettiin näyttötallenteita, jotka arkistoitiiin Jyväskylän Ammattikorkeakoulun Panopto tietokantaan. Arkistoidut videot linkitettiin tietomalliin lisättyihin objekteihin viisinumeroisella koodauksella.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi tietomalli kahdesta eri materiaalilla suunnitellusta mallista. Arkistoituja videoita tuotettiin opinnäytetyötä varten 55. Tuloksena syntynyt malli saavutti sille asetetun tavoitteen. Malliin jäi kuitenkin vielä kehitettävää ja kehitystyötä jatketaan.

Avainsanat (asiasanat)

tietomalli, mallintaminen, rakennetyypit, runkotyyppit, rakennusmateriaalit

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Sonninen Jaro

Producing BIM- model prototype for educational use

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, November 2021, 38 pages.

Engineering and technology. Construction and civil engineering. Bachelor's thesis

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The aim of the thesis was to produce a model that can be used to teach BIM- modeling and structure types. At the request of the mandator, I produced a BIM- model that included the most common structure types with concrete and steel materials. Tutorial videos were also added to the BIM- model to learn how to add objects to the model when using Tekla Structures.

The thesis was completed by designing an example building. The building was designed so that the type structures of different materials could be added to it and a BIM- model could be made into it. The design of the building was based on a simple solution and practicality. The BIM-model has been produced by Tekla Structures. When the BIM- model was produced, screen recordings were taken at the same time, which were archived in the Panopto video library of Jyväskylä University of Applied Sciences. Videos were linked to BIM- objects with a five-digit code.

As a result of the thesis, a BIM- model was created. The BIM- model is designed with two different materials (Steel and Concrete). 55 archived videos were produced for the thesis. The result of the thesis met the requirements set for it. However, there is still room for development in the model and development work will continue.

Keywords/tags (subjects)

BIM, modeling, structure types, building frame types, building materials

Miscellaneous (Confidential information)

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Tietomallinnus- ja tyyppiratkaisut rakentamisessa	5
2.1	Tietomallinnus.....	5
2.1.1	Tietomallinnus rakentamisessa	5
2.1.2	Tietomallin tuottaminen suunnittelijan näkökulmasta.....	7
2.1.3	Yleiset tietomallivaatimukset	9
2.1.4	Tietomallinnuksen tulevaisuus	9
2.2	Runkoratkaisut ja rakennustuotteet	10
2.2.1	Puurungot	10
2.2.2	Betonirungot.....	13
2.2.3	Teräsrungot.....	15
2.2.4	Puutuotteet.....	16
2.2.5	Betonituotteet	17
2.2.6	Terästuotteet	19
3	Kehittämistyö	20
3.1	Kehittämistyön tarkoitus.....	20
3.2	Pääteemat ja tavoitteet	20
3.3	Tutkimuskysymykset	20
3.4	Tiedon keruu	21
4	Hankkeen toteutus	21
4.1	Esimerkki rakennuksen suunnittelu	22
4.2	Tyyppirakenteiden valinta.....	23
4.2.1	Perustukset	23
4.2.2	Betonirakennus.....	24
4.2.3	Teräsrakennus.....	25
4.3	Tietomalli.....	26
4.3.1	Tietomallin tuottaminen.....	26
4.3.2	Käyttö.....	30
4.4	Mallin päivittäminen ja jakaminen.....	32
5	Tulokset.....	33
5.1	Tulos	33
5.2	Luotettavuus ja eettisyys	33

6 Pohdinta	33
Lähteet	35
Liitteet	37
Liite 1. Tietomalliselostus.....	37

Kuviot

Kuvio 1 Tietomallilla havainnollistaminen (Huusko, M. 2019).	7
Kuvio 2 Rankarakenne (Puurakenteet: Yleisimmät rakennejärjestelmät. N.d.)	11
Kuvio 3 Massiivipuurakenne (Puurakenteet: Yleisimmät rakennejärjestelmät. N.d.)	12
Kuvio 4 Pilari-palkkirunko (Puurakenteet: Yleisimmät rakennejärjestelmät. N.d.).....	13
Kuvio 5 Kantavaseinäinen runko (Elementtisuunnittelu: Asuinrakennusten rakennejärjestelmät. 2020)	14
Kuvio 6 Betonisen pilari- palkkirungon asennusta. (Antola, T. 2015).....	15
Kuvio 7 Teräksinen pilari- palkkirunko, jossa teräsristikot. (Teräsrakentaminen ja asennustyö. N.d.)	16
Kuvio 8 Alustavat suunnitelmat rakennuksesta (AutoCad Drawing).....	22
Kuvio 9 Rakennuksen lohkojako (AutoCad Drawing).....	23
Kuvio 10 Perustusrakenteet (Tekla Structures)	24
Kuvio 11 Betonirakennuksen rakenteet (Solibri)	25
Kuvio 12 Teräsrakennuksen kantavat rakenteet (Solibri).....	26
Kuvio 13 Valmis malli (Tekla Structures).....	28
Kuvio 14 Videokoodi objektin nimessä (Tekla Structures)	31
Kuvio 15 Videoluettelo (Excel)	31
Kuvio 16 Videoiden hakeminen Panoptosta (Panopto).....	32

Taulukot

Taulukko 1 Videoluettelo (Excel)	28
--	----

1 Johdanto

Tietomallintaminen jatkaa kasvuaan rakennusalalla, kun tietomallinnuksen hyödyt näkyvät yhä selkeämmin. Tietomallinnusta käytetään nykyään rakennusalalla laajalla rintamalla, suunnittelussa, tuotannossa ja kiinteistönhuollossa. Tietomallinnuksen käyttöönotto on rakennusalalla osittain nopeampaa, kuin alan osapuolien sopeutuminen tietomallinnuksen käyttöön. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 13-15) Opinnäytetyön tarkoituksena onkin vastata tähän ongelmaan luomalla malli, jolla voidaan tehokkaasti jakaa tietoa tietomallinnuksesta. Tietomalli tarkoittaa mallia, joka sisältää visuaalisen 3D-mallin lisäksi tietoa, esimerkiksi piirustuksia, aikatauluja ja työjärjestyksiä (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 13). Opinnäytetyössä tietomallin tietosisältönä on 3D-mallin objekteihin sisällytetty opetusmateriaali. Opinnäytetyön tuotoksena syntyi prototyyppi, jolla on mahdollista oppia tietomallinnusta tietomallin avulla.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia tietomallinnuksen käyttöä tietomallinnuksen, sekä tyyppirakenteiden opettamisessa. Toimeksiantajana opinnäytetyössä on Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyön toteutusta varten ideoitiin yhdessä toimeksiantajan sopivaa ratkaisua ja todettiin, että luodaan tietomalli, jolla opetetaan tietomallinnusta. Mallille asetettiin tavoitteeksi, että se olisi helppokäyttöinen ja sitä voitaisiin ylläpitää päivittämällä. Yhtenä tavoitteena mallille oli myös mallin käyttö visuaalisessa havainnollistamisessa.

Opinnäytetyön toteutusta varten kerättiin tietoa tietomallinnuksesta sekä tyyppirakenteista. Tiedon keruuseen käytettiin tietomallinnuksesta julkaistuja kirjoja sekä alan ohjelmistokehittäjien ja yritysten julkaisuja. Tyyppirakenteiden tiedonkeruu toteutettiin pääasiassa Rakennustiedon tietokannasta sekä, Elementtisuunnittelun, Teräsrakenneyhdistyksen ja Puuinfon julkaisuista. Tietomallia varten suunniteltiin esimerkkirakennus, josta tietomalli luotiin. Esimerkkirakennukseksi suunniteltiin kaksiosainen liikerakennus, joista toinen osa on 4- kerroksinen ja toinen 3- kerroksinen. Mallia luodessa tuotettiin opetusvideoita, jotka arkistoitiiin Jyväskylän Ammattikorkeakoulun Panopto videokirjastoon (The Leading Video Platform For Education N.d). Mallin käytön toiminta perustuu tietomallin objekteihin linkitettyihin opetusvideoihin, joissa näytetään kyseisen objektin luomisesta Tekla Structures ohjelmalla (Edistyksellinen BIM-ohjelmisto rakennesuunnittelun työnkulkuun N.d). Tietomallin luomisessa käytettiin yleisiä rakennusalalla käytössä olevia tyyppirakenteita ja mallin toisena käyttötarkoituksena onkin tyyppirakenteiden visuaalinen havainnollistaminen mallista.

Opinnäytetyö rajattiin, niin että työssä keskitytään tietomallinnukseen yhdellä ohjelmistolla (Tekla Structures). Tyyppirakenteista valittiin ainoastaan perinteiset käytössä olevat rakenteet puu- teräs- ja betonimateriaaleilla. Mallissa keskityttiin objektien luomiseen ja tarkat suunnitteluyksityiskohdat jätettiin pois. Esimerkkirakennuksen suunnittelussa keskityttiin tyyppirakenteiden ja tietomallin toteuttamiseen rakennuksessa.

2 Tietomallinnus- ja tyyppiratkaisut rakentamisessa

2.1 Tietomallinnus

Tietomallinnus kasvattaa suosiotaan rakennusalalla. Tietomallinnusta voidaan hyödyntää suunnittelussa, työmaaloissa ja sitä käytetään myös paljon hankkeiden havainnollistamisessa yleisölle. Tietomallinnuksessa on paljon ominaisuuksia, joita ei perinteisessä suunnittelussa ole, kuten monipuolisuus, mukautuvuus ja havainnollistaminen. Tietomallinnuksen tavoitteena on parantaa suunnittelun ja rakentamisen laatua.

2.1.1 Tietomallinnus rakentamisessa

Tietomallinnus eli BIM (building information modelling) on rakentamisessa koko rakennuksen elinkaaren ajaksi tuotettu kokonaisuus, johon kootaan digitaaliseen muotoon kuhunkin käyttötarkoitukseen tarvittavat tiedot (Leskinen 2018; Teknologia helpottamaan raskaita rakennustöitä 2020). Tietomallinnuksen määritelmästä Jäväjä ja Lehtoviita (2016, 13) toteavat, että tietomalli ei ole pelkkä 3D-malli. Rakennuksen tietomalli sisältää kolmiulotteisen visuaalisen mallin lisäksi tietoa rakennuksesta ja sen osista sekä niiden välisistä yhteyksistä. Tietomallin periaatteena onkin, että tietomallista voidaan jakaa tietoa muullakin tavoin kuin pelkästään visuaalisen kuvan perusteella, eli kaikki rakennusta esittävät mallit eivät ole tietomalleja. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 13; Teknologia helpottamaan raskaita rakennustöitä 2020.)

Informaation ja tiedon jakaminen tietomallista voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Yleisimpänä tapana on edelleen tuottaa tietomallista perinteisiä rakennus-, rakenne- ja järjestelmä piirustuksia eri osapuolien tarpeisiin. Tiedon jakamiseen vaikuttaa oleellisesti se, kenelle tietoa jaetaan. Esimerkiksi työmaalle runkovaiheeseen jaetaan rakennepiirustukset rakennuksen rungosta ja lisäksi aikataulu suunnitelmat. Kustannus- ja määrälaskentaa varten voidaan jakaa pelkästään taulukko-
muotoista tietoa. Yksi vaihtoehto tiedon jakamiseen on jakaa koko tietomalli tai se osuus tietomallista, joka on tarpeellinen käyttäjälle. Tällöin on varmistettava, että käyttäjällä on tarvittava osaaminen ja ohjelmistot etsiä tarvitsemansa tieto tietomallista. Informaation jakamisessa oleellista on muistaa, että tietomalli on ajan tasalla. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 14.)

Tietomallivaatimuksissa (2012) tietomallintamisen yhdeksi tärkeimmistä hyödyistä ilmoitetaan rakennusprosessin osapuolten sitouttaminen projektiin ja toimimaan yhdessä parhaan lopputuloksen saamiseksi. Trimble, joka tunnetaan Tekla Structures mallinnus ohjelmiston kehittäjänä, on hankkinut tietoa asiakkailtaan tietomallinnuksen hyödyistä ja raportoi artikkelissaan (2021), että tietomallinnuksesta on ollut hyötyä aikataulutukseen, riskianalyysiin ja yhteistyön kehittymiseen. Tietomallintaminen mahdollistaa myös erilaisten ratkaisuiden testaamista virtuaalisesti ennen toteutusta. Asiakkaina Trimblellä on ollut esimerkiksi Skanska ja Barton Malow. Yleisesti Trimble toteaa, ”tietomallintamista on ylistetty hankeosapuolten välisen viestinnän ja yleisesti laadun paranemisesta.” (Mitä on BIM? N.d.) Rakentaja.fi sivuston artikkelissa (2020) todetaan, että tietomalleja voivat hyödyntää rakennusprosessiin osallistuvien lisäksi myös rakennuksen asukkaat, sekä sitä voidaan käyttää hyödyksi myös rakennuksen purkuvaiheessa.

Tietomallinnus kehittyy rakentamisessa, kun tietomallinnuksen hyödyt todetaan yhä selvemmin. Yrityksille hyödyt näkyvät suoraan tuloksen ja laadun parantumisena. Kehittymisessä isossa osassa ovat kuitenkin viranomaisten ja rakennusvalvonnan suhtautuminen tietomallinnukseen. Touku-kuussa 2021 tässä asiassa otettiin iso askel, kun Suomen ensimmäinen tietomallilla tuotettu rakennuslupa hyväksyttiin Järvenpään rakennusvalvonnassa. (Lupapiste käsitteli maailman ensimmäisen 3D BIM-tietomallinnuksella tehdyn rakennusluvan Järvenpään kaupungille 2021.)

Rakentamisvaiheessa tietomallinnuksella vältetään tehokkaammin rakentamisvirheitä. Tietomallista on helpompi nähdä suunnitelmavirheet, jotka aiheuttaisivat virheitä rakentamisvaiheessa. Tietomallista saadaan nopeasti haettua tietoa materiaali menekeistä, työmenekeistä ja työvaiheiden kestosta. Ongelmien väheneminen saa aikaan ajan, materiaalin ja kustannusten säästöä. (Teknologia helpottamaan raskaita rakennustöitä 2020.)

Tietomallin käyttö havainnollistamisessa on tietomallinnuksen näkyvimpiä etuja. Rakennus voidaan suunnitella siten, että mallista voidaan visuaalisesti nähdä suunnitelmien yhteensopivuus ja toimivuus (Teknologia helpottamaan raskaita rakennustöitä 2020). rakentaja.fi:n (2020) artikkelissa kerrotaan, että tietomallinnus havainnollistaa hyvin mitä aiotaan tehdä ja miten. Tietomallinnuksen yksi selvä etu onkin havainnollistavuus. Havainnollistavuutta voidaankin käyttää hyödyksi mallien yhdistämisessä, kun selvitetään, sopiiko eri alojen suunnitelmat toisiinsa ja tällöin nähdään

suoraan, onko esimerkiksi aukot suunniteltu oikeisiin paikkoihin IV-putkia varten. Nykyään tietomalleilla havainnollistamiseen voidaan käyttää virtuaalilaseja, joilla nähdään hologrammina suunniteltu tietomalli olemassa olevien rakenteiden lisäksi (Huusko, M. 2019).



Kuvio 1 Tietomallilla havainnollistaminen (Huusko, M. 2019).

Tietomallinnuksen tullessa rakennusalalle nopeasti, on todettu tarve selkeälle järjestelmälle, joka tasa- arvoistaa rakennusalan osapuolet tietomallinnukseen. Tätä varten on luotu Open- BIM metodi, jonka avulla pyritään siihen, että kaikki tietomallinnuksen tiedonvaihto tapahtuu puolueettomalla ja neutraalilla tavalla. IFC- tiedosto muoto liittyy oleellisesti open- BIM metodiin. Tarkoituksena on, että kaikki mallit tuotetaan IFC- tiedostoiksi ja kaikki kehitettävät tietomallinnusohjelmistot tukevat tätä tiedostomuotoa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016 23.)

2.1.2 Tietomallin tuottaminen suunnittelijan näkökulmasta

Ennen kuin suunnittelija alkaa tuottamaan tietomallia, on selvitettävä muutamia suunnitteluun ja viestintään liittyviä kysymyksiä. Täytyy tietää mitä suunnitellaan ja hankittava mahdollinen lähtötilanteen suunnitelma tai tietomalli. Suunnittelijan on hyvä muistaa, että tietomallinnus ei varsinaisesti ole suunnittelua, vaikka tietomalli toimiikin suunnittelun apuvälineenä, vaan se on keino jakaa tietoa hankkeen muille osapuolille. Varsinainen suunnittelutyö tapahtuu aina suunnittelijan päässä ja tietomalli on visuaalinen ja tietoa sisältävä dokumentaatio suunnittelijan ajatuksista. (Hietanen 2005, 39.)

Mallinnuksessa ja suunnittelussa on huomioitava kaksi termiä: Mitä suunnitellaan? ja Mitä on suunniteltu? Mallinnustyöstä Hietanen (2005, 39.) toteaa, että ”mallinnetaan vain sitä mitä suunnitellaan”, tämä tarkoittaa sitä, että todella mallinnetaan vain sitä osaa aluetta mitä suunnittelija suunnittelee. On epäammattimaista tuottaa mallinnusta aiheesta, joka ei liity omaan suunnittelu-työhön ja näin toimien saattaa aiheuttaa sekaannusta ja pahimmillaan rakennusvirheitä. Esimerkiksi arkkitehtisuunnittelija ei voi tehdä ratkaisuja muiden suunnittelualojen puolesta. Lisäksi Hietanen (2005, 39.) toteaa, että ”mallinnetaan vain sitä mitä on suunniteltu”, tämä tarkoittaa konkreettisesti sitä, että malliin ei voida mallintaa sellaista mitä ei ole suunniteltu. Mallin tarkkuuden on vastattava sitä missä vaiheessa suunnittelu on. Liian tarkan mallin jakaminen saattaa johtaa väärään toteutukseen esimerkiksi työmaalla, vaikka liian tarkaksi mallinnettu kohta ei olisikaan suunnittelijan mielestä vielä oleellinen ja se olisi tarkoitus varmentaa myöhemmin. (Hietanen 2005, 39.)

Yleensä tietomallinnuksessa mallinnetaan mahdollisesti samaa mallia yhdessä muiden suunnittelijoiden kanssa ja tällöin tietomallinnuksen hyöty suunnittelussa pääsee oikeuksiinsa. Levander (2020) kertookin, että nykyään tietomallinnuksessa yksi henkilö ei pysty osaamaan kaikkea tietomallinnuksesta vaan tarvitaan useita oman alansa ammattilaisia toteuttamaan toimiva tietomallinnusprojekti. Muiden suunnittelijoiden kanssa suunnitellessa, yhteistoiminta on tärkeimpiä asioita mallin tuottamisen kannalta. Muiden osapuolien lisäksi voidaan yhteistoiminta ajatella yhdeksi osapuoleksi ja kuten kaikilla osapuolilla on mallinnuksessa omat tehtävänsä, voidaan yhteistoiminta ajatella yhdeksi osapuoleksi, jonka tehtävänä on mallin/mallien yhteensopivuuden varmistaminen. (Mallintava suunnittelu N.d.; Hietanen 2005, 39.) Yhteistoiminnan toimivuudesta on vastuussa tietomallikoordinaattori, joka nimetään hankekohtaisesti. Tietomallikoordinaattorina toimii yleensä pääsuunnittelija. (RT 10-11066. 2012, 4.) Yhteistoiminta on muutakin kuin mallien yhteensovittamista ja Levander (2020) sanoo, että kuten mallit, myöskin hankkeen osapuolet tarvitsevat oikeanlaista yhteensovittamista parhaan lopputuloksen saamiseksi. Hyvä yhteistoiminta hankkeen koko aikana vähentää, myös konkreettista mallien yhteensovittamista.

Suunnittelija tuottaa tietomallin aina muita varten. Suunnittelijan tärkein tehtävä onkin tiedon välittäminen. On huomioitava mitä tietoa on tarve jakaa. Hietanen (2005, 39.) toteaa, että tiedon sisällön on oltava sellaista, että vastaanottaja ymmärtää sen, jos vastaanottaja ei ymmärrä viestintää on se epäonnistunut, oli malli sitten visuaalisesti kuinka hieno tahansa. Myös Swecon blogissa

(2020) ilmoitetaan, että tiedon ei kuulu jäädä vain suunnittelijan käyttöön vaan tietomallinnuksen tarkoituksena on jakaa tietoa. Suunnittelija ei koskaan rakenna rakennusta ja tämän takia mallin onkin oltava sellainen, että se kuka rakennuksen rakentaa pystyy hyödyntämään mallia työssään.

Kuten edellä todettiin, osapuolien keskusteluyhteys tietomallinnusprojekteissa on tärkeää ja keskusteluyhteys saavutetaan, kun osapuolet käsittelevät ja ymmärtävät tietoa samalla tavalla. Tämän lisäksi suunnittelijan täytyy muistaa, että myöskin osapuolien ohjelmistoilla on oltava keskusteluyhteys. Tämä tarkoittaa sitä, että mallit ja dokumentaatiot ovat käsiteltävissä ja avattavissa siihen tarkoitukseen mihin kukin osapuoli niitä tarvitsee. Nykyään siirrytään entistä enemmän mobiililaitteiden käyttöön. Mobiililaitteet ovat yleisessä käytössä varsinkin työmaaoloissa niiden keveytensä vuoksi ja niillä on nopeaa havainnollistaa mitä ollaan tekemässä. Suunnittelijat käyttävät kuitenkin yleensä tehokkaita tietokoneita isoilla monitoreilla varustettuna ja suunnittelijan onkin huomioitava, että mallin käyttö voi olla työmaaoloissa kankeampaa ja yksinkertaisempaa, kuin suunnitellessa. (Hietanen 2005, 39; Tietomallintaminen (BIM) 2017.)

2.1.3 Yleiset tietomallivaatimukset

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 julkaisusarja on tuotettu, kun on todettu tarve tietomallinukseen liittyviin vaatimuksiin, kun tietomallinnuksen käyttö kasvaa rakennusalalla. Sen tarkoituksena on yhdenmukaistaa ohjelmistokehitystä sekä mallinnuksen käyttöä rakennusalalla. Tietomallinnus on tullut alalle nopeammin mitä on keretty luomaan yhteisiä pelisääntöjä ja käytäntöjä ja tähän ongelmaan tietomallivaatimukset pyrkivät hakemaan ratkaisun. Tietomallivaatimusten noudattaminen helpottaa osapuolia ymmärtämään hankkeen kulkua ja yhteisten vaatimusten käyttö vähentää väärinymmärryksiä ja virheitä. Tietomallivaatimukset ovatkin suunnittelijoille oiva apuväline siihen, kuinka käytännössä mallinnetaan. Lisäksi tilaaja osapuoli voi tietomallivaatimuksista selvittää, kuinka mallinnus toteutetaan ja mitä voidaan vaatia suunnittelulta. (RT 10-11066. 2012, 1, 2.)

2.1.4 Tietomallinnuksen tulevaisuus

Tietomallinnus on tullut rakennusalalle jäädäkseen. Tietomallinnus tuo rakennusalalle muutosta kahdesta näkökulmasta. Ensimmäinen on, että tietomallinnuksen avulla rakentamisesta tulee nope-

ampaa, tehokkaampaa ja laadukkaampaa. Toinen on se, että rakennusallalla on pitkään ollut ajatusmalli, ”näin on tehty ennenkin” ja tietomallinnus on muuttamassa tätä ajatustapaa, kun alalle tulee toimintamalli, joka romuttaa vanhat käsitykset rakentamisesta, yhdistää kaikki rakentamisen osapuolet samaan toimintamalliin ja todistaa olevansa parempi ratkaisu kuin vanha. (Hardin & McCool 2015, 340.)

Tulevaisuudessa tietomallinnus todennäköisesti mahdollistaa vielä tuntemattomia käyttömahdollisuuksia. Kun tietomallinnus yhdistetään muihin teknologioihin kuten, CNC koneistukseen, 3D-tulostamiseen ja virtuaalitodellisuuteen (VR). Tietomallinnuksen ja 3D tulostuksen tai CNC koneistuksen yhdistäminen mahdollistaa yksilöllisten rakennusten tuottamisen nykypäivän tyyppirakentamista vastaavalla tehokkuudella. Virtuaalitodellisuuden yhdistäminen tietomallinnukseen mahdollistaa esimerkiksi asuntoesittelyiden toteuttamisen virtuaalisesti ennen fyysisen rakennuksen valmistumista. (Hardin & McCool 2015, 342- 346.)

Tietomallinnuksen tulevaisuuteen vaikuttaa se, kuinka tietomallinnusta koulutetaan. Tässä asiassa on iso rooli opiskelijoilla ja koululaitoksilla ja tietomallinnus onkin näille oiva keino aloittaa haastamaan rakennusalan normeja ja muuttamaan alaa parempaan suuntaan. Koulutuksen aikana alalle tuodut normit leviävät pikkuhiljaa koko alalle. (Hardin & McCool 2015, 349.)

2.2 Runkoratkaisut ja rakennustuotteet

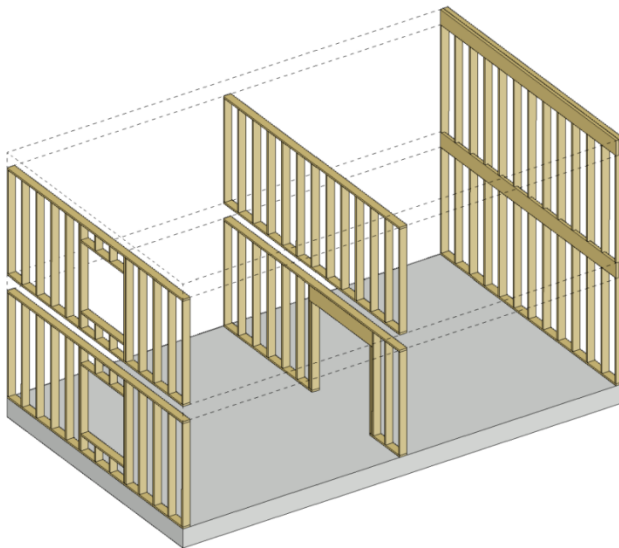
2.2.1 Puurungot

Puu on Suomessa pientalorakentamisessa käytetyin runkomateriaali ja sen koko osuus rakentamisesta Suomessa on n. 40 % (Puurakentaminen on tulevaisuuden rakentamisen tärkeimpiä teemoja. 2020). Rakentamisessa puun käytön etuja ovat sen ympäristöystävällisyys, runkojen keveys, sisäilman laatu. Puun käyttö laajemmassa rakentamisessa, kuten kerrostaloissa ja liikerakennuksissa on alkuvaiheessa ja alalle tarvitaan uusia innovaatioita, jotta puurakentamisen ongelmakohtat saadaan ratkaistua ja puuta voidaan todella alkaa käyttämään betonin ja teräksen korvaavana materiaalina.

Puurakentamisen tyyppiratkaisuita ovat, hirsirakenteet, rankarakenteet, massiivipuorakenteet, pilari- palkkirakenteet (Puurakenteet: Yleisimmät rakennejärjestelmät N.d).

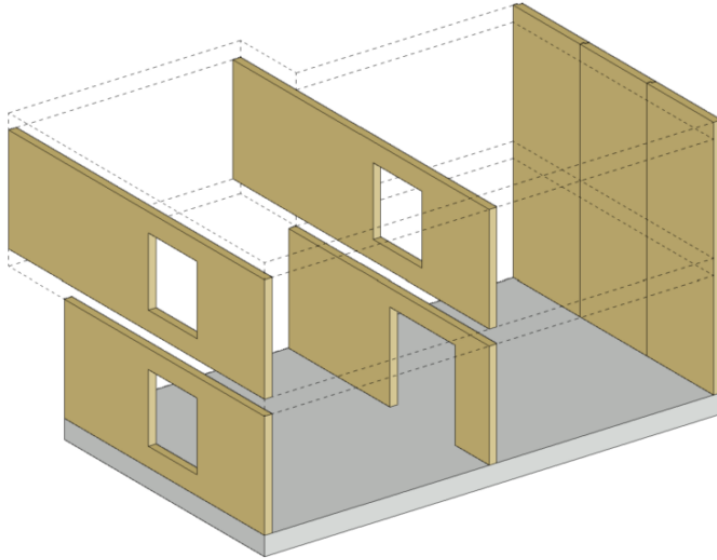
Hirsirakentaminen on perinteinen rakentamistapa rakennuksen rungon toteuttamiseksi. Hirsirakennuksen kantavina rakenteina toimivat kokopuiset hirret. Hirsi on paksu kokopuinen rakennustarvike, jota käytetään pääasiassa seinärakenteena, mutta myös välipohjat ja kattorakenteet tukeutuvat usein hirsirakenteisiin. Perinteisesti hirsi on ollut yleensä pyöreä, kuten puu josta se on sahattu, mutta nykyään se voidaan valmistaa tuottamalla massiivipuuta puusoiroista liimalla ja työstämällä hirsi koneellisesti oikeaan muotoon. (Puurakenteet: Puurakenteet: Yleisimmät rakennejärjestelmät N.d). Hirret valmistetaan tavallisesti kuusesta tai männystä. Hirsirakentaminen sopii parhaiten pientalorakentamiseen.

Rankarakenteet valmistetaan yleensä sahatavara tuotteista. Rankarakenne muodostuu, kun rakenteeseen sopivat rakennustuotteet kootaan yhdeksi kokonaisuudeksi, joka jäykistetään. Rankarakenteen etuna on, että rakenteessa saadaan optimoitua materiaalin käyttöä, näin ollen myös rakenteet ovat kevyitä. Rankarakenteita voidaan käyttää suoraan kantavina rakenteina.



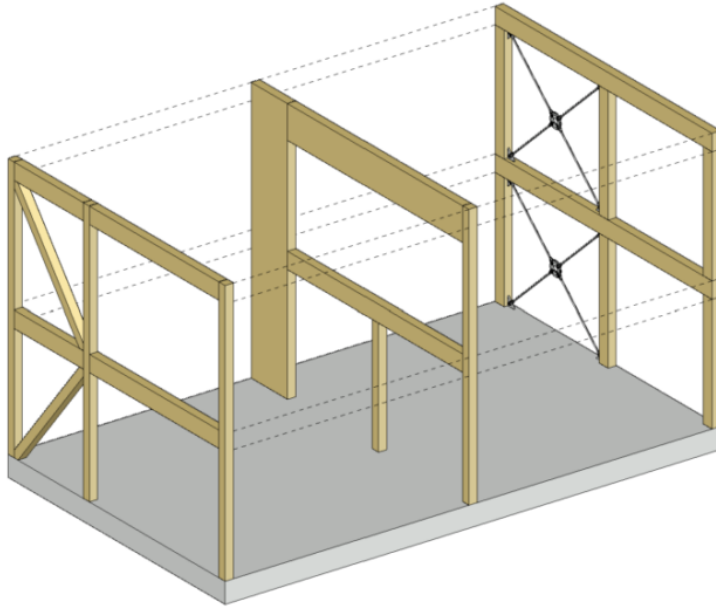
Kuvio 2 Rankarakenne (Puurakenteet: Yleisimmät rakennejärjestelmät. N.d.)

Massiivipuorakenteet ovat nimensä mukaisesti massiivipuusta toteutettuja rakenteita. Massiivipuorakenteet valmistetaan puulamelleista liimaamalla (Puurakenteet: Puurakenteet: Yleisimmät rakennejärjestelmät. N.d). Rakenteet koneistetaan ja leikataan kohteeseen sopivaksi. Massiivipuorakenteista voidaan valmistaa suoraan näkyviin jääviä pintoja.



Kuvio 3 Massiivipuurakenne (Puurakenteet: Yleisimmät rakennejärjestelmät. N.d.)

Pilari- palkkirunko perustuu massiivisista puupalkeista ja -pilareista koottuun runkoon. Järjestelmä jäykistetään ja runko toimii täten yksin rakennuksen kantavana runkona. Pilari- palkkirunko vaatii aina muita rakenneratkaisuja vaipan sulkemiseksi ja sekundäärirakenteiksi, kuten rankarakenteita tai massiivipuurakenteita.



Kuvio 4 Pilari-palkkirunko (Puurakenteet: Yleisimmät rakennejärjestelmät. N.d.)

2.2.2 Betonirungot

Betoni on maailman käytetyin rakennusmateriaali. Betonin etuja ovat esimerkiksi edullisuus, muokattavuus, lujuus, pitkä käyttöikä. Betonille kuitenkin ollaan hakemassa korvaavia ratkaisuja, jotta saataisiin hillittyä rakentamisen ympäristöhaittoja.

”Betonielementtirakenteet ovat Suomessa yleisin tapa toteuttaa monikerroksisten asuin-, toimisto-, liike- ja julkisten rakennusten sekä teollisuus- ja varistorakennusten rungot.” Betonilla toteutettavissa rakenteissa on pääasiassa kahta runkotyyppiä, kantavaseinäinen runko ja pilari-palkkirunko. Betonin monikäyttöisyyden ansiosta näistä runkotyypeistä saadaan sovellettua käyttötarkoitukseen sopivia ratkaisuja rakentamiseen. (RT 82-10821. 2004, 2)

Kantavaseinäinen runko toimii siten, että elementtirakenteiset tai paikallavaletut seinät toimivat suoraan rakennuksen kantavana runkona ja ottavat vastaan vaakarakenteilta tulevat kuormat ja siirtävät ne perustuksille. Kantavaseinäisellä rungon käytöllä rakennuksen vaippa saadaan suoraan suljettua ilman erillisiä vaipparakenteita. Kantavaseinäistä runkoa käytetään usein kerrostalorakentamisessa. (RT 82-10821. 2004, 3.)



Kuvio 5 Kantavaseinäinen runko (Elementtisuunnittelu: Asuinrakennusten rakennejärjestelmät. 2020)

Pilari- palkkirunko perustuu massiivisista betonipalkeista ja -pilareista koottuun runkoon. Järjestelmä jäykistetään ja runko toimii täten yksin rakennuksen kantavana runkona. Pilari- palkkirunko vaatii aina muita rakenneratkaisuja vaipan sulkemiseksi ja sekundäärirakenteiksi, kuten laattarakenteita ja seinäelementtirakenteita. Pilari- palkkirunkoa käytetään usein halleissa ja varastotiloissa, kun tavoitteena on tuottaa isoja avoimia tiloja. (RT 82-10821. 2004, 8.)



Kuvio 6 Betonisen pilari- palkkirungon asennusta. (Antola, T. 2015)

2.2.3 Teräsrungot

Teräs on betonin ohella yleisin rakennusmateriaali suuremmissa rakennuksissa, kuten liikuntahalleissa, teollisuushalleissa, varastoissa. Teräksen etuja rakentamisessa on sen lujuus ja näin ollen runkorakenteet voidaan rakentaa kevyiksi. Teräsrunko on myös helposti muokattavissa. (Rakentaminen teräksestä. N.d.)

Teräsrunko on yleensä aina pilari- palkkirunko. Teräsrunko rakennetaan terästuotteista, jotka valmistetaan konepajalla kohteeseen sopiviksi. Teräsrungon rakentaminen on nopeaa ja tehokasta. Pilari- palkkirunko koostuu valmiista teräspalkeista ja -pilareista koottuun runkoon. Järjestelmä jäykistetään ja runko toimii täten yksin rakennuksen kantavana runkona. Pilari- palkkirunko vaatii aina muita rakenneratkaisuja vaipan sulkemiseksi ja sekundäärirakenteiksi, kuten laattarakenteita ja seinäelementti rakenteita. Teräksestä voidaan valmistaa ristikkorakenteita, joiden avulla voidaan rakentaa suuria avoimia tiloja. Teräsrakentamista voidaan käyttää yhdessä betonin kanssa esimerkiksi betonitäytteisillä pilareilla ja palkeilla. (Rakentaminen teräksestä. N.d.)



Kuvio 7 Teräksinen pilari- palkkirunko, jossa teräsristikot. (Teräsrakentaminen ja asennustyö. N.d.)

2.2.4 Puutuotteet

Puutuotteiden kehittyminen ja rakennusmääräysten muuttuminen puun käyttöä sallivampaan suuntaan on edesauttanut puutuotteiden markkinoille tuloa. Aiemmin puutuotteet olivat lähinnä sahoilta tuotettua sahatavaraa ja puutuotteissa rajoja asettivat puiden pituus. Nykyään puusta voidaan valmistaa betonin ja teräksen korvaavia rakenteita.

Sahatavara on nimensä mukaisesti puusta sahaamalla valmistettua puutuotetta. Sahatavara on yleisin rakentamisessa käytetty puutuote. Sitä käytetään rakennustyömailla myös väliaikaisena rakenteena, kuten muoteissa. Sahatavara toimii pohjana edistyneemmille puutuotteille kuten liimapuulle ja massiivipuulle (CLT) ja sahatavaraa käytetään rankarakenteisten elementtien valmistukseen. (Puutavaraopas, sahatavara ja puutuotteet. 2019, 20- 25)

Puulevyihin sisältyy vanerit, lastulevyt ja puukuitulevyt. Vanerit ovat puuviiluista liimaamalla valmistettuja levyjä. Ristikkäisten puuviilujen ansiosta vanerista saadaan jäykkä levy, jota voidaan käyttää rakennuksen rungossa esimerkiksi jäykistävänä rakenteena tai välipohjissa vaakarakenteena. Puukuitulevyt ovat puukuiduista puristamalla valmistettuja levyjä. Puukuitulevyjä käytetään

rakennuksen rungossa tuulensuojana ja lisäksi ne jäykistävät rakennuksen runkoa. (Puutavaraopas, sahatavara ja puutuotteet 2019, 55- 57.)

Liimapuu, kertopuu ja massiivipuun ovat niin sanottuja insinööripuutuotteita. Näille tuotteille puun mitta ei ole rajoittava tekijä. Liimapuun ja massiivipuun valmistukseen käytetään sahatavara lamelleja, jotka liitetään liimaamalla toisiinsa ja näin saadaan tuotteita, jotka voidaan tuottaa kohteeseen sopivaksi. Liimapuussa puulamellit ovat yhden suuntaisia. Massiivipuussa lamellien suunta vaihtuu kerroksittain. Kertopuu on puuviiluista liimaamalla valmistettua tuotetta. (Puutavaraopas, sahatavara ja puutuotteet 2019 46). Liimapuuta käytetään pilari- palkki runkojen rakentamisessa. Massiivipuuta käytetään kantavaseinäisen rungon rakentamisessa, sekä vaakarakenteissa. Kertopuuta käytetään sahatavaran korvaavana rakennustuotteena, kun materiaalilta vaaditaan suurta lujuutta tai sahatavaratuotteiden mitat eivät riitä käyttötarkoitukseen. (Puutavaraopas, sahatavara ja puutuotteet. 2019, 42- 46)

Naulalevyrakenteet ovat puusta, naulalevyliitoksilla rakennettuja tuotteita. Yleisimpiä rakentamisessa käytettäviä tuotteita ovat naulalevyristikot, joita käytetään rakennusten yläpohjan vesikaton kantavana rakenteena. Naulalevyrakenteet rakennetaan sahatavaratuotteista tai kertopuusta. (Puutavaraopas, sahatavara ja puutuotteet. 2019, 47.)

Puuelementit ovat edellä mainituista puutuotteista jalostettuja, valmiita rakentamiseen soveltuvia elementtejä. Puuelementit voidaan valmistaa rankarakenteisena valmiina seinä- tai vaakarakennelämenttinä. CLT eli massiivipuusta valmistetaan työstämällä kohteeseen sopivia elementtejä. Liimapuusta valmistetaan pilari- palkkirunkoon sopivat elementit.

2.2.5 Betonituotteet

Betonista on kehitetty paljon erilaisia tyyppirakenteita rakentamisen kehittymisen mukana. Nykyään on siirrytty entistä enemmän elementtirakentamiseen ja valmiisiin tyyppiratkaisuihin paikallavalmisen sijasta. Betonituotteita tuottavia yrityksiä on Suomessa todella paljon. Betonituotteet perustuvat teräsbetoni materiaaliin.

Perinteisenä tapana tuottaa betonituotteita on ollut valaa tuotteet suoraan paikallavaluna rakennukseen. Paikallavalun etuna on ollut, että voidaan tuottaa isompia rakennekokonaisuuksia, kuten

yhtenäisiä perustusrakenteita tai laattarakenteita. Perustukset ovatkin edelleen yleensä paikallavaluna toteutettuja. Paikallavalun haitta elementtirakentamiseen verrattuna on se, että paikallavalun rakenteen lujuuden kehittymistä joudutaan odottamaan ennen seuraavien rakenteiden rakentamista. Myöskin muottityön toteuttaminen työmaaloissa ei ole niin tarkkaa, kuin tehdasolosuhteissa.

Elementtirakentamisella pyritään siirtämään työtä työmaalta tehdasolosuhteisiin. Elementtirakentaminen nopeuttaa rakentamista, kun rakennuksiin tuotetaan valmiita rakenneosia, jotka liitetään toisiinsa. Elementtirakentamisen etuna on myös, että rakenteet voidaan optimoida materiaalin käytön suhteen. Elementtejä voidaan tuottaa myös valmiiksi rakenteiksi, joissa rakenneosan kaikki materiaalit ovat valmiina pintakäsittelyä myöten. Esimerkiksi sandwich seinäelementti, johon rakennetaan kantavan seinärakenteen lisäksi eristeet sekä rakennuksen ulkokuori. Elementtirakentamisen tuotteet tarjoavat myös suunnittelijoille valmiita tyyppiratkaisuita, joka helpottaa ja nopeuttaa suunnittelutyötä. Betonielementtirakentamisella voidaan nykyään tuottaa kaikki rakennuksen rakenneosat perustuksista yläpohjaan. (RT 82-10821. 2004, 3- 5.)

Pilari- palkki runkojärjestelmää varten tuotetaan teräsbetonisia pilareita sekä palkkeja. Yleensä pilarit ja palkit ovat suorakaidepoikkileikkauksia tai muita yksinkertaisia poikkileikkauksia. Rakenneosiin valmistetaan valmiit liitosratkaisut. (RT 82-10821. 2004, 8, 9.)

Vaakarakenneisissä betonirakenteissa perinteisenä tapana on massiivilaatat, jotka voidaan valmistaa paikallavaluna tai elementtinä. Elementtituotannossa yleisimmät vaakarakenne ratkaisut ovat kuitenkin ontelolaatat ja TT/HTT-laatat, jotka ovat monimutkaisemmalla poikkileikkauksella. Näillä vaakarakenneilla pyritään optimoimaan rakentamista siten, että mahdollisimman pienellä materiaalin käytöllä saadaan suuri lujuus. Perinteiset ontelolaatat ovat yksinkertainen tapa toteuttaa elementtirakenteinen vaakarakenne, niillä voidaan valmistaa jänneväliltään maksimissaan 20 metrin rakenteita. TT/HTT-laattojen etuja ovat niiden, hyvä kuormituskestävyys ja niillä voidaan rakentaa pidemmällä jänneväleillä olevia rakenteita, kuin ontelolaatoilla. TT/HTT-laatoilla voidaan toteuttaa maksimissaan 25 metrin jänneväin rakenteita. (RT 82-10821. 2004, 9, 11- 12.)

Betonirakenteisissa seinissä yleisenä tapana on ollut sandwich elementti, joka rakennetaan joko kantavaksi rakenteeksi tai niin sanotuksi vaipparakenteeksi. Sandwich elementti koostuu sisäkuoresta, joka voi olla kantava, eristeestä ja ulkokuoresta. Nykyään sandwich elementtien sijasta ollaan siirtymässä seinäratkaisuihin, joissa seinäelementti koostuu pelkästään betonista ja muut rakenteet rakennetaan rakenneosiin työmaalla. (Elementtisuunnittelu: Sandwich- julkisivut. 2020; Elementtisuunnittelu: Seinät. 2021)

2.2.6 Terästuotteet

Kuten betonista, myös teräksestä on kehitetty paljon tyyppiratkaisuita. Terästuotteiden kehityksessä pyritään optimoimaan teräksen käyttö ja yleensä terästuotteet ovatkin monimutkaisia poikileikkauksia, jotka on optimoitu toimimaan oikealla tavalla siihen tarkoitukseen mihin se on suunniteltu. Terästuotteiden kehityksessä auttaa teräksen homogeeninen materiaali ja teräksen muokattavuus. Terästä on helppo muokata ja siihen helppo liittää osia hitsaamalla.

Hitsatut profiilit ja rakenneputket ovat perustuotteita, jotka toimivat pohjana edistyneemmille terästuotteille ja näistä perusrakenteista rakennetaan monimutkaisempia rakenteita. Profiileja on paljon erilaisia, mutta yleisimpänä käytössä on hitsatuista profiileista erilaiset I-profiilit ja rakenneputkista erilaiset suorakaide profiilit. Profiileissa muuttujina toimivat teräksen rakennepaksuus, profiilin muoto ja profiilin dimensiot, kuten uuman tai laippojen mitat.

Teräsristikot ovat yleensä rakenneputkista koottuja ristikoita, joilla voidaan toteuttaa pitkän jännevälän rakenteita. Teräsristikoiden etuna on niiden materiaalin optimointi, keveys ja lujuus. Teräsristikot toteutetaan konepajatuotantona hitsaamalla. Teräsristikoita käytetään yleensä yläpohja rakenteissa kantavina rakenteina. Isoissa avoimissa tiloissa, kuten liikuntahalleissa teräsristikoiden käyttö on yleistä.

Konepajatuotanto on teräsrakentamisessa olennaisessa osassa. Konepajatuotanto vastaa betoni rakentamisen elementtituotantoa. Konepajoilla tuotetaan rakentamisen tarpeisiin tarvittavia rakenneosia. Tavoitteena on, että teräsrakenteiden katkaisu- ja hitsaustyöt toteutetaan konepajoilla ja työmaaoloissa rakenneosat liitetään pulttiliitoksilla. Konepajoilla toteutetaan myös mahdolliset palosuojaukset teräsrakenteille. Konepajatuotannon etuna on, että työmaalla toteutettavia töitä saataisiin tehtyä mahdollisimman paljon tehdasolosuhteissa.

3 Kehittämistyö

3.1 Kehittämistyön tarkoitus

Toimeksiantajalla on tarve saada tietomalliprototyyppi, josta voidaan oppia ja opettaa tietomallinnusta. Tarkoituksena on selvittää prototyypin avulla mahdollisuuksia käyttää tietomallinnusta opetuskäytössä. Opinnäytetyötä varten tuotetaan 3D-mallinnettu esimerkki rakennus, johon lisätään opetusvideoita tietomallin tuottamiseen. Opetusvideot lisätään rakenneosakohtaisesti, jotta tietomallia tarkastellessa voidaan löytää nopeasti tarvittavat videot. Opetusvideot tuotetaan objektien luomisesta mallinnusohjelmalla.

Esimerkkirakennukseksi tuotetaan 4- kerroksinen liikerakennus, jossa on mahdollisuudet eri materiaaleille rakentamiselle. Rakennukseen pyritään myös tuottamaan mahdollisimman monimuotoisesti eri rakenteita. Rakennuksessa on tarkoitus olla kaksi eri osaa, jotka rakennetaan eri runkojärjestelmillä. Lisäksi runkojärjestelmät pyritään rakentamaan erilaisiksi kerroskohtaisesti, jotta malliin saadaan enemmän erilaisia tyyppiratkaisuja.

3.2 Pääteemat ja tavoitteet

Opinnäytetyön pääteemoina ovat, tyyppirakenteet, tietomallinnus ja tietomallin käyttö opettamisessa. Yhtenä teemoista on myös opetusvideoiden tuottaminen ja videoiden avulla oppiminen.

Tavoitteena on tutkia, kuinka tietomallinnusta voidaan opettaa tietomallin avulla. Tavoitteena on, että mallista voidaan tehokkaasti esittää tyyppirakenteet eri materiaaleilla. Työn lopputuloksena syntyy tuote, jolla tietomallinnusta ja erilaisia tyyppiratkaisuja voidaan oppia tehokkaammin. Mallin tavoitteena on, että se olisi helppokäyttöinen, päivitettävissä ja sitä voisi käyttää visuaaliseen havainnollistamiseen.

3.3 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyötä varten määritettiin tutkimuskysymyksiä, joihin hankkeen aikana pyritään vastaamaan. Tutkimuskysymyksien määrittelyssä arvioitiin lopputuotteen käyttöä ja sen hyötyjä.

Tutkimuskysymyksinä opinnäytetyössä on. Kuinka tietomallia voidaan käyttää havainnollistamiseen ja opettamiseen? Kuinka ohjeistetaan lopputuotteen käyttöön? Voidaanko tuotosta ylläpitää ajan tasalla päivittämällä?

3.4 Tiedon keruu

Hankkeeseen kerättiin tietoa tietomallinnuksesta sekä eri materiaalien tyyppiratkaisuista. Tietomallinnuksen tiedon keräämisessä käytettiin alan kirjallisuutta sekä ohjelmistokehittäjien ja alan yritysten julkaisuita. Lisäksi tietomallinnuksesta kerättiin tietoa tietomallivaatimuksista, jotta hankkeen toteutus olisi samalla tasolla todellisen mallinnuksen kanssa. Mallinnus- ja suunnittelutyön tiedonkeruussa keskityttiin suunnittelufilosofiaan ja viestintään suunnittelutyössä. Tyyppirakenteita varten kerättiin tietoa pääasiassa Rakennustiedon tietokannasta sekä yleisien yhdistyksien verkkosivuilta, kuten Elementtisuunnittelu, Teräsrakenneyhdistys ja Puuinfo.

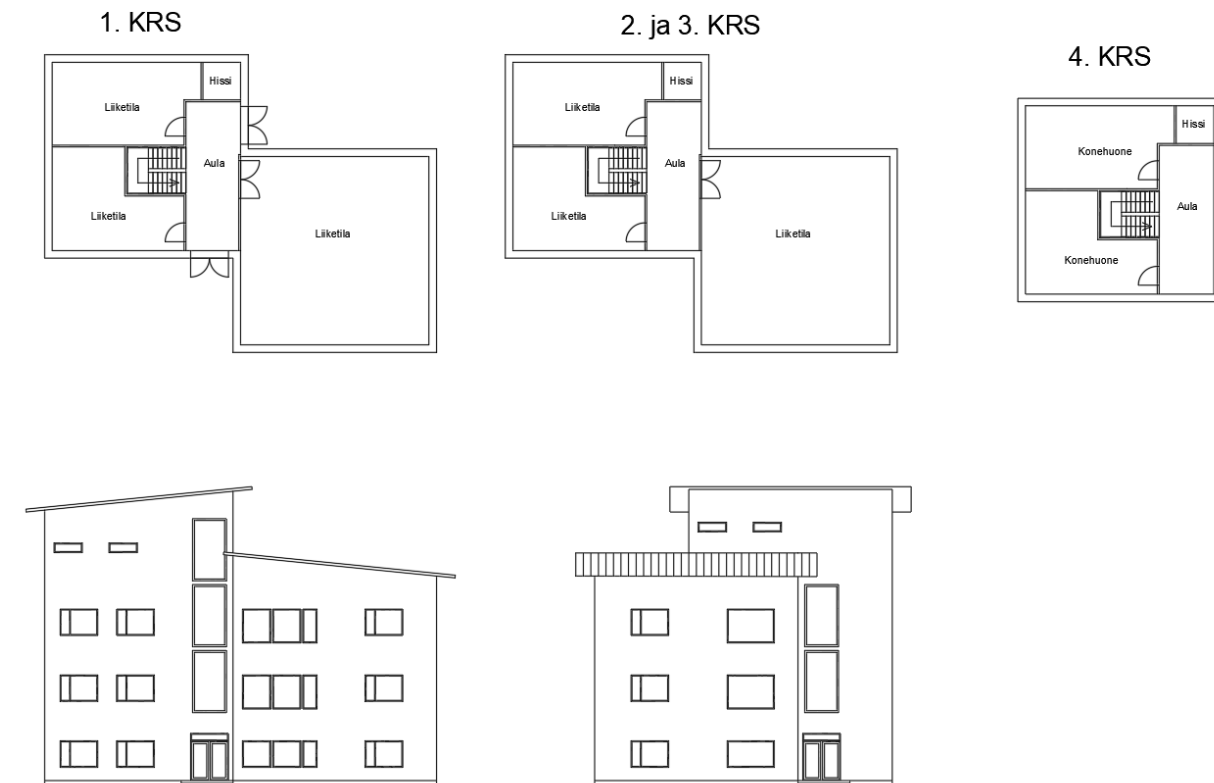
Kehityshankkeessa tiedon keräämistä toteutettiin opiskelijan ja toimeksiantajan arvioilla. Hankkeen aikana pidettiin viikoittain palaverieita, joissa arvioitiin hankkeen etenemistä. Arvioista kootujen tietojen perusteella tehtiin muutoksia ja kehitystyötä hankkeessa. Tiedon keruun pohjana toimi opiskelijan ammattitaito, sekä toimeksiantajan tarpeet ja tavoitteet.

4 Hankkeen toteutus

Hankkeen toteutus alkoi esimerkkirakennuksen suunnittelulla. Rakennus suunniteltiin niillä reunaehdoilla, että se olisi selkeä ja siihen olisi helppo toteuttaa tyyppirakenteet ja tietomalli. Rakennuksen suunnittelun jälkeen siirryttiin tietomallin tuottamiseen. Tietomalli tuotettiin Tekla Structures ohjelmalla ja tässä vaiheessa todettiin, että kyseisessä ohjelmistossa ei ole puurakenteisiin suoraan sopivia työkaluja. Toimeksiantajan kanssa päädyttiin ratkaisuun, että puumallia ei toteuteta, vaan tuotetaan vain teräs- ja betonimallit. Puurakenteiden mallinnusta tehtiin kuitenkin betonirakenteisen rakennuksen yläpohjaan, kun yläpohjarakenteeksi valittiin puurakenteiset ristikot. Tietomallia tuottaessa tuotettiin samalla videoita objektien luomisesta Tekla Structures ohjelmalla. Videot tallennettiin Jyväskylän Ammattikorkeakoulun Panopto videokirjastoon. Mallin objekteihin tehtiin linkitys opetusvideoihin.

4.1 Esimerkki rakennuksen suunnittelu

Tietomallia varten suunniteltiin esimerkkirakennus. Rakennus on liikerakennus, joka koostuu kahdesta eri osasta. Toinen osa on 4- kerrosta ja toinen 3- kerrosta. Toinen osa rakennetaan kantava-seinäisellä runkojärjestelmällä ja toinen pilari- palkki runkojärjestelmällä. Teräsrakenteisessa rakennuksessa koko rakennus rakennetaan pilari- palkki runkojärjestelmällä. (Kts. Kuvio 8)

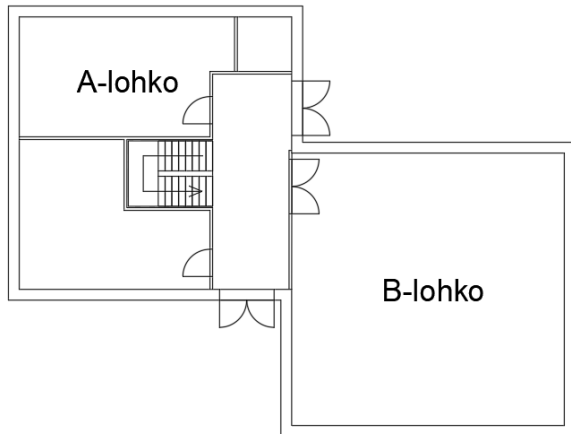


Kuvio 8 Alustavat suunnitelmat rakennuksesta (AutoCad Drawing)

Esimerkkirakennukseen suunniteltiin tarkoituksella kaksi eri osiota, jotta saadaan toteutettua mahdollisimman paljon erilaisia tyyppirakenteita. Rakennuksen muoto haluttiin kuitenkin pitää yksinkertaisena ja tästä syystä valittiin rakennus, joka koostuu kahdesta suorakaiteen muotoisesta osasta. Toinen osio on matalampi siitä syystä, että malliin toteutetaan yläpohjan liitos seinään. Lisäksi voidaan toteuttaa kaksi erilaista yläpohja ratkaisua.

4.2 Tyypirakenteiden valinta

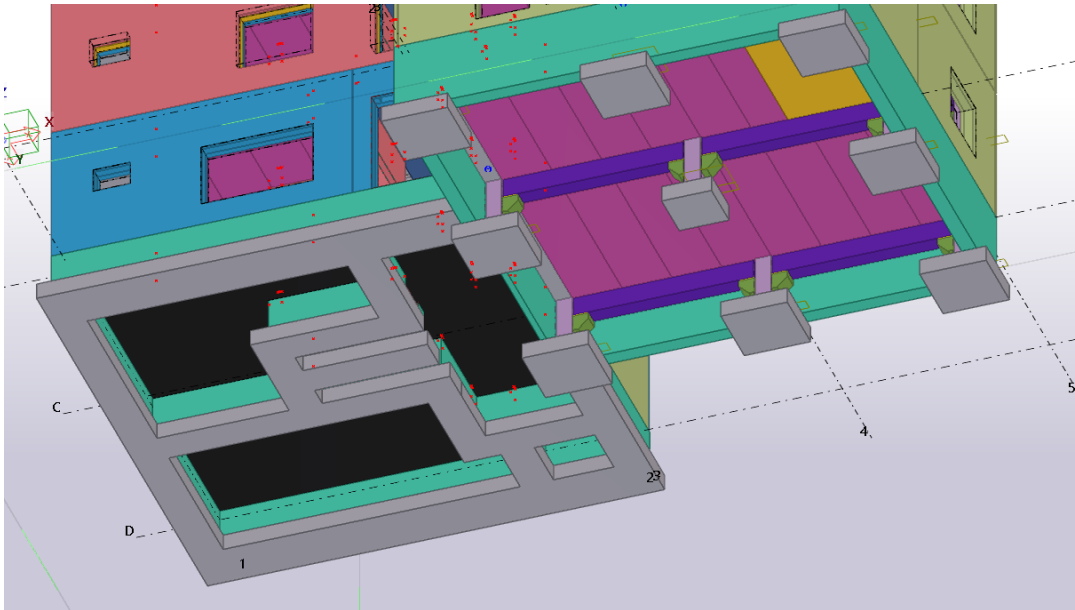
Rakennus jaettiin kahteen lohkoon, joihin pyrittiin tuottamaan erilaisia tyypiratkaisuja. (Kts. Kuvio 9)



Kuvio 9 Rakennuksen lohkojako (AutoCad Drawing)

4.2.1 Perustukset

Perustuksiksi valitaan perinteiset anturarakenteet. Seinien perustuksiksi seinäanturat ja perusmuuri. Pilareiden perustuksiksi pilarianturat. A- osaan rakennetaan alimpaan kerrokseen maanvarainen laatta. B- osa rakennetaan tuulettuvalla alapohjalla. (Kts. Kuvio 10)



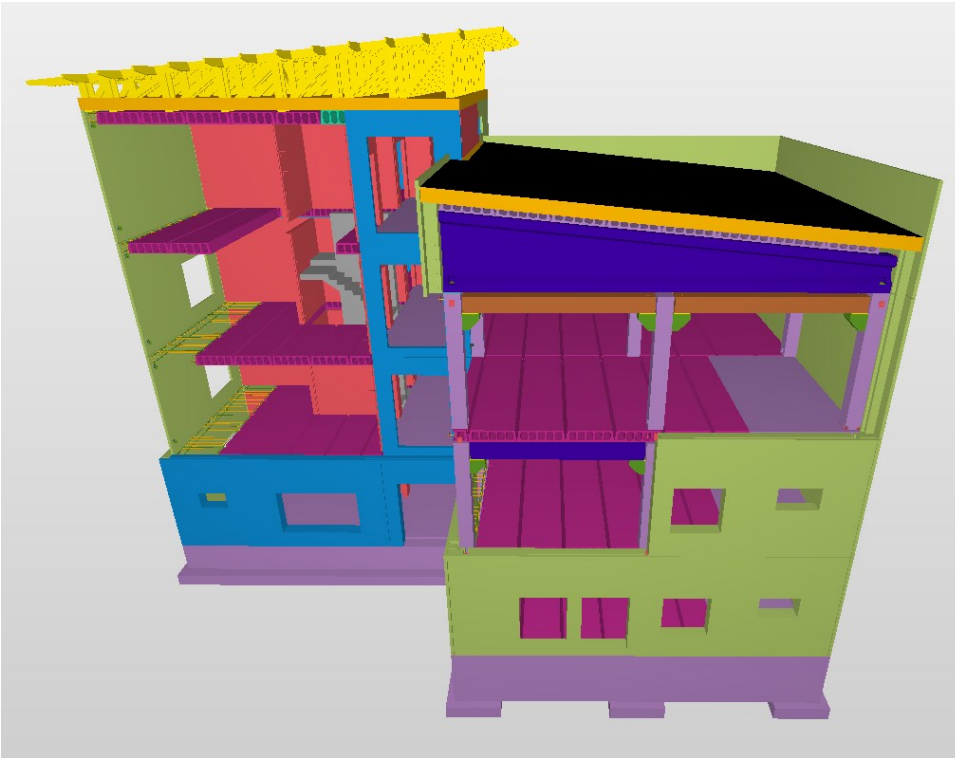
Kuvio 10 Perustusrakenteet (Tekla Structures)

4.2.2 Betonirakennus

Betonirakennukseen valitaan A- osaan kantavaseinäinen runkojärjestelmä. Pohjakerros rakennetaan kantavilla sandwich elementeillä ja kantavilla väliseinillä. Ylemmät kerrokset rakennetaan kantavilla seinillä. A- osan ulkovaippa rakennetaan pohjakerrosta lukuun ottamatta erillisellä eristeellä sekä tiiliverhouksella. B- osaan valitaan vaipparakenteiksi sandwich elementit. Kantavina rakenteina B- osassa toimii betonirakenteinen pilari-palkkirunko. (Kts. Kuvio 11)

Välipohjana molemmissa osissa pääosassa on ontelolaattavälipohja. B- osaan lisätään paikallaväliläppä. A- osan aulan välipohjaksi valitaan betonielementti massiivilaatta. Porrusrakenteeksi tehdään yhtenäinen betonielementtiporras. (Kts. Kuvio 11)

Yläpohjarakenteeksi A- osaan valitaan ontelolaatta yläpohja, johon lisätään yläpohjaeriste. Yläpohjan ontelolaattojen päälle valitaan vesikattorakenteeksi puuristikot ja peltikate. B- osan yläpohja toteutetaan kantavilla SI- palkeilla, joiden päälle asennetaan ontelolaatat. Ontelolaattojen päälle yläpohja eriste sekä huopakate. (Kts. Kuvio 11)



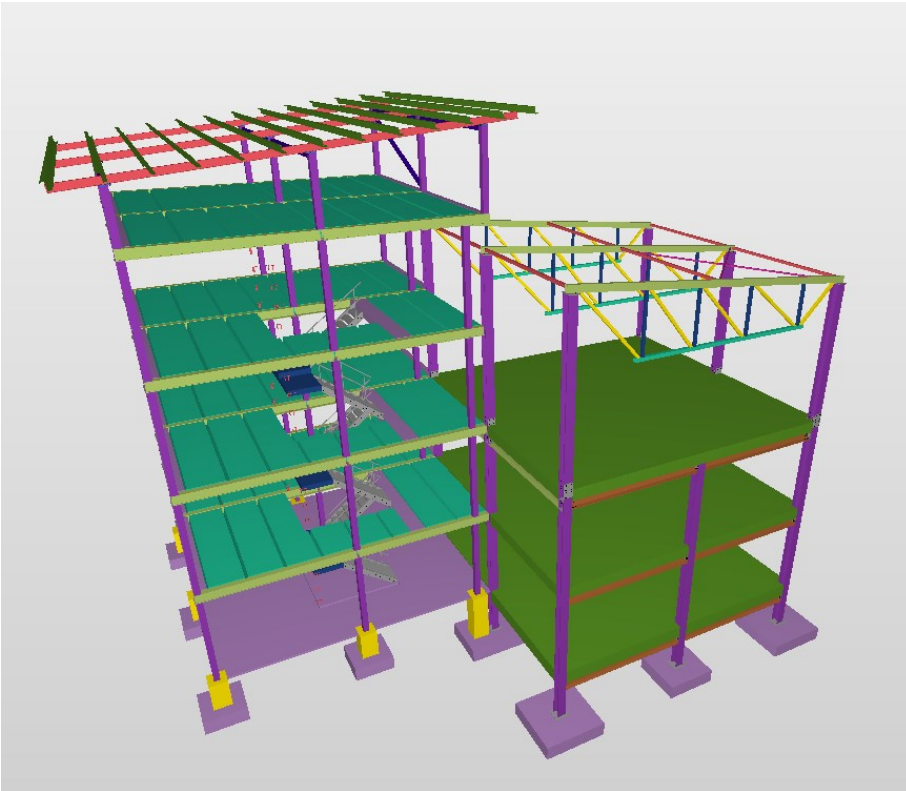
Kuvio 11 Betonirakennuksen rakenteet (Solibri)

4.2.3 Teräsrakennus

Teräsrakennukseen valitaan A- osan kantaviksi rakenteiksi betonitäytteiset teräsputkipilarit ja WQ-palkit. A- osan jäykistykseen käytetään sydänjäykistystä, jossa hyödynnetään betonirakenteista porraskuilua. B- osan kantaviksi rakenteiksi valitaan I- profiili teräspilarit ja I- profiili teräspalkit. Pilareiden jäykistys toteutetaan mastojäykistysenä sekä kehjäykistyksellä. (Kts. Kuvio 12)

Välipohjaksi A- osaan valitaan ontelolaatta rakenne, joka tukeutuu WQ- palkkeihin. B- osan välipohjaksi tulee teräsrakenteinen välipohja kevytorsista. Porrask rakenne koostuu betonisesta lepota-sosta sekä kahdesta osasta teräsrakenteisia portaita. (Kts. Kuvio 12)

Yläpohjarakenteena A- osassa toimii ontelolaattayläpohja. Teräsputkipilarit jatkuvat yläpohjarakenteen yläpuolelle ja niihin liitetään kattopalkit. Pilarit jäykistetään yläpohjassa ristikko jäykistyk-sellä. Kattopalkkien päälle asennetaan Z- kevytorret, joiden päälle peltikate. B- osan yläpohjan kantavana rakenteena toimii putkipalkkiristikot. Ristikot jäykistetään tasostaan ristikko jäykistyk-sellä. Ristikoiden päälle asennetaan elementtirakenteinen vesikattorakenne. (Kts. Kuvio 12)



Kuvio 12 Teräsrakennuksen kantavat rakenteet (Solibri)

Vaipparakenteina koko teräsrakennuksessa toimii teräsrakenteinen sandwichelementti.

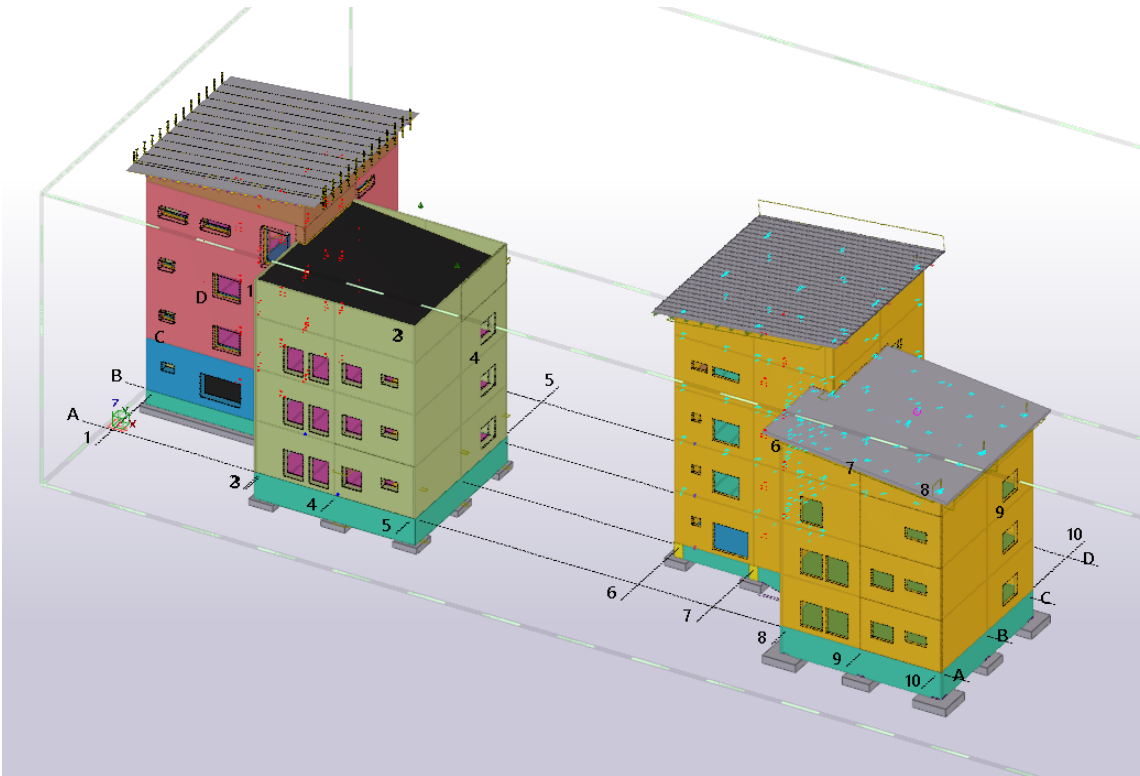
4.3 Tietomalli

4.3.1 Tietomallin tuottaminen

Rakennuksen tietomalli tuotettiin Tekla Structures ohjelmalla. Objektit pyrittiin luomaan siihen tarkoitetuilla työkaluilla esimerkiksi seinät seinätyökalulla ja palkit palkkityökalulla. Objektien luonin aikana otettiin näyttötallenteita, joissa kerrottiin kyseisen objektin luomisesta. Videot arkistoi-
ttiin Jyväskylän Ammattikorkeakoulun Panopto videokirjastoon. Tarkoituksena oli luoda objekteihin suorat linkit videoihin, joihin pääsisi nopealla klikkauksella. Tämä todettiin hankalaksi toteuttaa kyseisessä ohjelmistossa, joten vaihdettiin videoiden linkitysjärjestelmä sellaiseksi, että videot nimettiin 5 numeroisella numerosarjalla. Tietomallin objekteihin lisättiin kyseisestä objektista tehdyin videon koodaus.

Tietomalli aloitettiin betonirakennuksen pohjakerroksen seinien ja pilareiden lisäämisellä. Tähän käytettiin Teklan sandwichtyökalua, seinätyökalua ja pilarityökalua. Pohjakerroksen seiniin tehtiin oviaukot käyttämällä Teklan leikkaus työkaluja. Seinien alle lisättiin perusmuurit seinätyökalulla ja perusmuurien alle lisättiin anturat anturatyökalulla. Seuraavaksi rakennukseen lisättiin ensimmäisen kerroksen palkit, välipohja, laatat ja porrasedementti. Porrasedementti rakennettiin pilari ja palkkityökaluja hyödyntäen ja liittämällä osia toisiinsa. Seiniin, palkkeihin ja pilareihin lisättiin liitokset Teklan liitostyökaluilla. Kun ensimmäinen kerros oli valmis, rakenteita kopioitiin seuraaviin kerroksiin. A- osaan rakennettiin yläpohjarakenteeksi puuristikot pilari- ja palkkityökaluja hyödyntäen. B- osan yläpohja rakennettiin SI- palkkityökalulla ja ontelolaatoilla. Viimeisenä malliin lisättiin vaipparakenteet, joihin sisältyi ulkoseinäeristys, tiiliverhous, vesikattorakenteet ja ikkuna- aukot.

Teräsrakennuksen mallinnus aloitettiin kopioimalla betonirakennuksen porraskuilu, joka tuli jäykistäväksi rakenteeksi teräsrakennuksen A- osaan. Lisäksi lisättiin pilarianturat. Pilarianturoiden päälle lisättiin ensimmäisen kerroksen pilarit. Seuraavaksi lisättiin vaakarakenteet eli palkit ja ontelolaatat sekä portaat. Pilareihin ja palkkeihin tehtiin liitokset liitostyökaluilla. Ensimmäisen kerroksen rakenteita kopioitiin seuraaviin kerroksiin. A- osaan rakennettiin yläpohja rakenteeksi putkipilarit ja I- profiili kattopalkit. Yläpohjan pilareihin lisättiin jäykisteet palkkityökalulla. Jäykisteiden ja kattopalkkien liitokset rakennettiin osa kerrallaan hyödyntäen levy-, palkki-, hitsaus- ja pulttityökaluja. B- osaan rakennettiin yläpohjarakenteeksi putkipalkkiristikot. Ristikot rakennettiin hyödyntäen pilari-, palkki- ja hitsaustyökaluja. Ristikot liitettiin pilareihin rakentamalla liitokset osa kerrallaan hyödyntäen levy-, palkki-, hitsaus- ja pulttityökaluja. Ristikoihin lisättiin jäykisteet palkkityökalulla ja jäykisteiden liitokset rakennettiin samalla tavalla kuin ristikoiden liitokset. Viimeisenä teräsmalliin lisättiin vaipparakenteet, joihin sisältyi ulkoseinäelementit, vesikattorakenteet ja B- osan välipohja. A- osan vesikate rakennettiin havainnollistamisen vuoksi konesaumapeltikatteeksi. Peltikatteen luomiseen käytettiin palkkityökalua ja L- profiilia.



Kuvio 13 Valmis malli (Tekla Structures)

Tuotetuista videoista luotiin exceliin taulukko, johon listattiin tuotetut videot. Listassa kerrotaan videon videokoodi, nimi ja suora linkki videoon. Taulukkoon lisättiin myös objekteja, joista puuttuu videot. (Kts. Taulukko 1 ja Kuvio 15)

Taulukko 1 Videoluettelo (Excel)

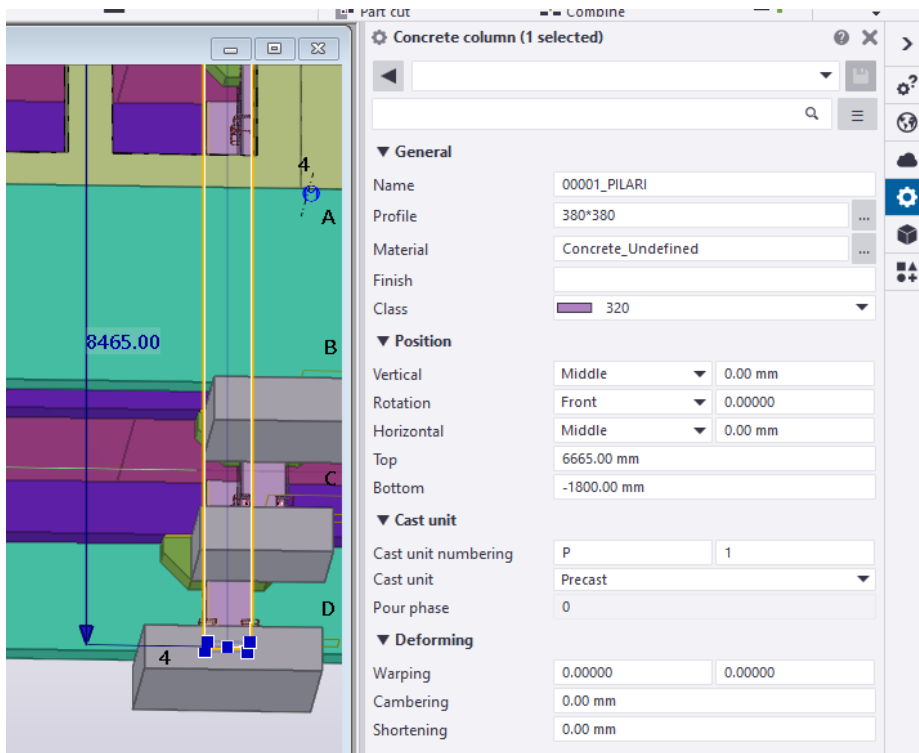
Videokoodi	Nimi
00001	Betonipilari
00002	Seinä
00003	Sandwich seinä
00004	Sandwich liitos
00005	Usean seinän liitos
00006	Betonipalkki
00007	Betonipilarin jatkosliitos
00008	Betonipilarin perustusliitos
00009	Betonipilari-palkkiliitos
00010	SI-palkki
00011	SI-palkin liitos pilariin
00012	Reikä palkkiin
00013	Pvlaatta ja raudoitus

00014	Pvkaista
00015	Osan lisääminen seinään
00016	Maanvarainen laatta
00017	Massiivilaatta
00018	Betoniporraselementti
00019	Seinäliitos
00020	Ontelolaatta
00021	Perusmuuri
00022	Sandwichelementin liitos pilariin
00023	Seinäprofiilin leikkaaminen
00024	Sandwichelementin sisäkuoren kopiointi
00025	Räystäs sandwich
00026	Seinäantura
00027	Pilariantura
00028	Tiiliverhous
00029	Yläpohjan ontelolaatat
00030	Yläpohjaeriste
00031	US eriste
00032	Vesikatto
00033	Kerroksen kopiointi
00034	Oviaukko
00035	Seinäelementti undefined
00036	Puuristikon yläpaarre
00037	Puuristikko
00038	Puuristikoiden jäykistys
00039	Räystäs ristikko
00040	Kattopalkki
00041	Kattopalkin liitokset
00042	Pilareiden ristikkojäykistys 1
00043	Pilareiden ristikkojäykistys 2
00044	Teräspilari-palkkiliitos leikkaus
00045	Teräspilari-palkkiliitos momenttijäykkä
00046	Teräspalkki
00047	Teräspilari
00048	Teräspilarin jatkosliitos
00049	Teräspilarin perustusliitos
00050	Teräsristikko
00051	Teräsristikon liitos pilariin
00052	Teräsristikoiden jäykistys
00053	WQ-palkki
00054	WQ-palkin liitos pilariin
00055	Z-orret
Puuttuu	Muotoiltu peltikate
Puuttuu	Teräsportaat
Puuttuu	Gridin lisääminen
Puuttuu	Ikkuna- aukot

4.3.2 Käyttö

Mallia voi käyttää opetuskäytössä tarkastelemalla mallia ja esittämällä mallista erilaisia tyyppiratkaisuja. Esimerkkinä tyyppirakenteista sandwichseinät ja niiden liitokset. Tyyppirakenteiden esittäminen toteutetaan mallista visuaalisesti havainnollistamalla. Mallin tarkastelua voidaan tehdä myös mallin IFC-tiedostosta esimerkiksi Solibri ohjelmalla (The core product for model checking and collaboration N.d).

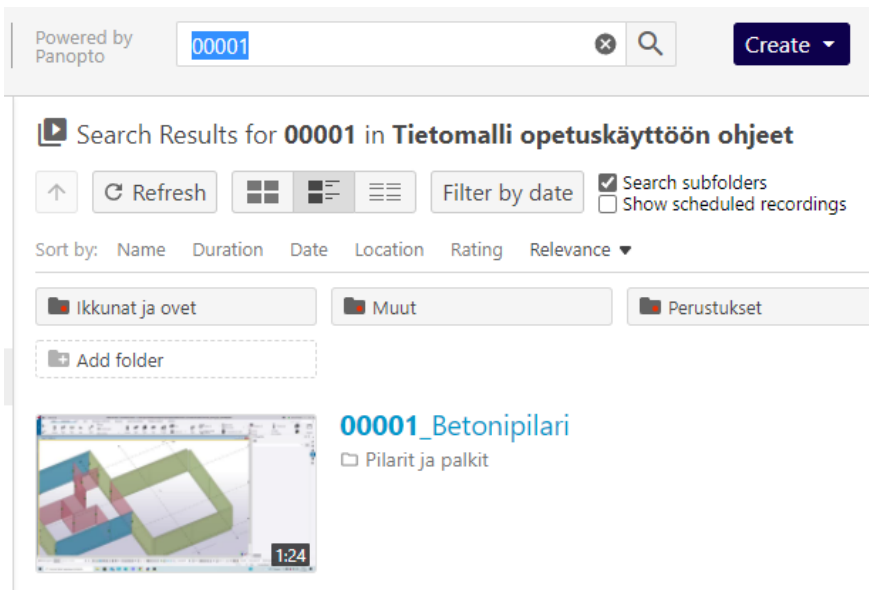
Isompi hyöty mallista on kuitenkin mallinnuksen opettamisessa. Malli toimii siten, että klikataan osaa, josta halutaan katsoa opetusvideo. Objektin nimen alkuun on lisätty videokoodi, jonka avulla videon löytää (Kts. Kuvio 14). Video voidaan hakea erillisestä excel- tiedostosta, jossa on suorat linkit videoihin (Kts. Kuvio 15). Toinen vaihtoehto videon hakemiseen on hakea videoita suoraan Panopto videokirjastosta. Videokirjastosta haettaessa kirjoitetaan videokirjaston hakukenttään videokoodi. Videokirjastossa haku toteutetaan hankkeen kansioista. Opetusvideot on myös eritelty videokirjastoon objektin aiheen mukaan, esimerkiksi seinät omassa kansiossaan. Opetusvideoiden hakeminen onnistuu siis myös suoraan videokirjastosta ilman mallia. (Kts. Kuvio 16)



Kuvio 14 Videokoodi objektin nimessä (Tekla Structures)

Videokoodi	Nimi	Linkki
00001	Betonipilari	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=b9c0c231-3aa0-4dc2-8e92-ade1013a40c1
00002	Seinä	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=de19f562-ff41-4c73-b983-ade10121ebf5
00003	Sandwich seinä	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=f8716738-5b31-44f9-b7a6-ade10121f084
00004	Sandwich liitos	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=da92f9ee-a7b2-4725-af11-ade10121f53e
00005	Usean seinän liitos	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=a7547efe-985f-4b48-9d6f-ade10121fa55
00006	Betonipalkki	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=87456cf8-53a8-43db-bf32-ade1013a47ea
00007	Betonipilarin jatkosliitos	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=28af1b19-36f4-40df-a218-ade1013a4a1c
00008	Betonipilarin perustusliitos	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=51b7754a-a997-4d86-b748-ade1013a4d27
00009	Betonipilari-palkkiliitos	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=ad8957df-8b3c-4fc9-a0ee-ade1013aee42
00010	SI-palkki	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=fd7125f6-5d21-46a1-afa3-ade1013bae70
00011	SI-palkin liitos pilariin	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=de01c1e7-67f7-4460-8ae5-ade1013c0fb1
00012	Reikä palkkiin	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=d26e4898-59ab-49a4-92e7-ade1013c76d2
00013	Pvlaatta ja raudoitus	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=e4d03b41-c90d-488e-b989-ade200815ae0
00014	Pvkaista	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=b6d96d63-bfab-455b-8581-ade20082cf5c
00015	Osan lisääminen seinään	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=20587cb4-309b-4be3-aaab-ade101225a6a
00016	Maanvarainen laatta	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=e7d31d49-7613-4065-ac43-ade200815414
00017	Massiivilaatta	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=1b3762fe-c2e6-4c9e-a56a-ade200815317
00018	Betoniporraselementti	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=39dafab6-003a-40f9-992a-ade20090c9f5
00019	Seinäliitos	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=bc9675c6-8649-4d9f-9416-ade10123577f
00020	Ontelolaatta	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=978c0cc5-6a7d-40a6-8ab1-ade200814cc1
00021	Perusmuuri	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=6787ad0c-8094-4378-b099-ade1011e765e
00022	Sandwichelementin liitos pilariin	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=c1317f28-be20-43ed-96aa-ade10123d4f8
00023	Seinäprofiilin leikkaaminen	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=f3f2823f-0e98-4b53-b011-ade101238d6d
00024	Sandwichelementin sisäkuoren kopiointi	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=50faefc-3a32-4050-90e3-ade101254ff3
00025	Räystäs sandwich	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=4c80c182-1507-4991-8646-ade10125b1f4
00026	Seinäantura	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=60c76275-5723-4cee-8c67-ade1011e7ca1
00027	Pilariantura	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=88e80475-37dd-4978-baef-ade1011e80b6
00028	Tiiliverhouk	https://panopto.jamk.fi/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=6240b6f8-4d5c-446c-9c3e-ade101260fb0
00029	Yläpohjan ontelolaatat	

Kuvio 15 Videoluettelo (Excel)



Kuvio 16 Videoiden hakeminen Panoptosta (Panopto)

4.4 Mallin päivittäminen ja jakaminen

Malli on nimensä mukaisesti prototyyppi ja mallissa kehittämistä jatketaan ja päivitetään. Mallia on myös syytä päivittää rakentamisen ja rakennetyyppien kehittymisen mukana. Mallin päivittäminen toteutetaan aina natiivimallin kautta, jotta päivittämisessä ei tarvitse päivittää montaa mallia. Päivittämisessä on pyrittävä siihen, että toisen tekemiä objekteja ei muokata vaan mallin muutokset toteutetaan siten, että virheelliset objektit poistetaan kokonaan ja luodaan uudestaan. Tällöin virheiden korjaaminen on tarkempaa. Videoiden käytössä olisi pyrittävä siihen, että käytetään itse luotuja videoita ja juuri kyseiseen objektiin sopivaa videota.

Mallin tarkastelua ja opetuskäyttöä varten malli voidaan jakaa IFC- tiedostona. IFC- tiedoston jakaminen esimerkiksi opiskelijaryhmälle on kevyempää, kuin raskaan natiivimallin jakaminen. Yhden IFC- tiedoston avaaminen on myös käyttäjälle helpompaa, kuin natiivimallin kansion muokkaaminen avattavaan muotoon. IFC- tiedoston käyttöön tarvitaan soveltuva mallin tarkasteluohjelma esimerkiksi Solibri.

5 Tulokset

5.1 Tulos

Tuloksena syntyi suunnitelmien mukainen malli. Malli rakennettiin Tekla Structuresin opetusversioon sisältyvillä työkaluilla. Mallin painopiste suuntautui enemmän opetusvideoihin ja mallinnustyöhön, kuin tyyppirakenteisiin. Tyyppirakenteiden opettaminen mallista voidaan toteuttaa tällä hetkellä vain visuaalisesti havainnollistamalla.

Kehityskohteena mallissa olisi saada videoiden linkitysjärjestelmä suoraan mallin sisään, niin että objekteja klikkaamalla pääsisi suoraan siirtymään videoihin. Mikäli linkitysjärjestelmä kehitettäisiin, olisi tällöin myös mahdollista liittää objekteihin linkkejä kyseisen rakenteen tyyppiratkaisuista. Tietomallin kautta opettaminen todettiin hankkeen aikana toimivaksi ratkaisuksi ja toimeksiantajan arvion mukaan, metodissa voisi olla potentiaalia laajempaan käyttöön opettamisessa ja mahdollisesti myös yritysten perehdyttämis- ja koulutuskäyttöön.

5.2 Luotettavuus ja eettisyys

Opinnäytetyön käytössä on huomioitava, että kyseessä on ensimmäinen versio opetuskäyttöön tarkoitettusta mallista ja mallissa saattaa olla virheitä. Ennen mallin käyttöä onkin perehdyttävä malliin ja huomioitava nämä asiat. Mallin tarkastelu ja testaus toteutettiin hankkeen aikana toimeksiantajan tarpeiden ja tavoitteiden mukaan sekä toimeksiantajan ja opiskelijan arvioilla. Mallin testaamista on jatkettava, kun malli otetaan opetuskäyttöön. Tällä hetkellä prototyypin käyttöön liittyy osittain riski virheelliseen oppimiseen, kun mallia ei ole vielä tarkasteltu kriittisesti.

Opinnäytetyön toteutusta varten opiskelijalla oli tarvittava ammattitaito. Malli on tuotettu opiskelijan ammattitaidon mukaan ja niin mallinnuksessa, kuin rakenteissakin saattaa olla virheitä. Rakennusmääräyksiä ei otettu oleellisesti huomioon opinnäytetyön toteutuksessa.

6 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa opetuskäyttöön soveltuva malli. Tavoitteena oli, että mallin avulla voidaan opettaa mallintamista sekä tyyppirakenteita. Opinnäytetyön tuloksena syntynyt malli vastaa pääosin mallinnuksen opettamiseen. Tyyppirakenteiden opettaminen mallin kautta

vaatii vielä jatkokehittämistä. Hankkeessa onnistuttiin luomaan suunnitelman mukaisesti opetusvideot. Opetusvideoista tuli ytimekkäitä ja aiheeseen sopivia. Lopulliset tulokset mallin toimivuudesta saadaan, kun malli otetaan opetuskäyttöön.

Opinnäytetyön toteutus sujui pääosin alkuperäisen suunnitelman mukaan. Isoin muutos oli, kun todettiin käytössä olevan mallinnusohjelman rajallisuus puurakenteiden mallintamiseen. Hankkeessa päätettiin luopua puurakenteisen mallin luomisesta, koska mallista olisi tullut liian karkea ja mallin toteuttaminen olisi vaatinut ohjelman käytössä soveltamista ja olisi ollut riski toteuttaa malli virheellisesti.

Opiskelijalle opinnäytetyön tekeminen lisäsi tuntemusta eri materiaalien tyyppiratkaisuista. Lisäksi opinnäytetyö lisäsi ammattitaitoa mallinnusohjelman käytössä, rakenteiden suunnittelussa. Hankkeen toteutuksen aikana toteutetut arvioinnit ja analyysit lisäsivät ymmärrystä suunnittelutyön viestinnästä ja sen keinoista. Konkreettinen mallinnustyö muuttui hankkeen aikana sujuvammaksi ja nopeammaksi.

Lähteet

Antola, T. 2015. Tujunen Yhtiöiden halli nousee moottoritien tuntumaan. Viitattu 18.11.2021. Akaan Seutu. <https://akaanseutu.fi/2015/03/11/autokatsastus-tulee-akaaseen/>

Digitaalisuus ja tietomallinnus ovat tulleet jäädäkseen. 2020. Viitattu 28.10.2021 Blogikirjoitus Swecon verkkosivuilla. <https://blogs.sweco.fi/digitalisaatio/digitaalisuus-ja-tietomallinnus-ovat-tulleet-jaadakse-myos-teollisuuslaitosten-kannattaa-tarttua-tilaisuuteen/>

Edistyksellinen BIM-ohjelmisto rakennesuunnittelun työnkulkuun N.d. Viitattu 25.11.2021. Trimble. <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>

Elementtisuunnittelu: Asuinrakennusten rakennejärjestelmät. 2020. Viitattu 18.11.2021. Elementtisuunnittelu. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/rakennejarjestelmat/asuinrakennukset>

Elementtisuunnittelu: Sandwich- julkisivut. 2021. Viitattu 28.10.2021. Elementtisuunnittelu. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/sandwich-julkisivut>

Elementtisuunnittelu: Seinät. 2021. Viitattu 28.10.2021. Elementtisuunnittelu. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/seinat>

Hardin, B. & McCool, D. 2015. BIM and construction management : proven tools, methods, and workflows. Indianapolis, Indiana: Sybex, a Wiley brand

Hietanen, J. 2005. Tietomallit ja rakennusten suunnittelu: filosofinen selvitys tieto- ja viestintäteknikan mahdollisuuksista. Helsinki: Rakennustieto.

Huusko, M. 2019. Tietomallit tulevat virtuaali- ja lisätyn todellisuuden laseihin. Viitattu 18.11.2021. Rakennuslehti. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/01/tietomallit-tulevat-virtuaali-ja-lisatyn-todellisuuden-laseihin/>

Jäväjä, P. & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto.

Leskinen, M. 2018. Kolmiulotteiset mallit tehokäytössä sairaalan rakennusprojektissa – virtuaalitodellisuus auttaa pysymään budjetissa, Viitattu 12.10.2021. Yle. <https://yle.fi/uutiset/3-10256915>

Levander, M. 2020. Tietomallintamisessa tarvitaan inhimillisyyttä ja ihmisten kohtaamista. Viitattu 28.10.2021. Ramboll. <https://fi.ramboll.com/media/artikkelit/rakentaminen-ja-kiinteistot/tietomallintamisessa-tarvitaan-inhimillisyytta-ja-ihmisten-kohtaamista>

Lupapiste käsitteli maailman ensimmäisen 3D BIM-tietomallinnuksella tehdyn rakennusluvan Järvenpään kaupungille. 2021. viitattu 12.10.2021. Lupapiste. <https://www.lupapiste.fi/tiedotteet/lupapiste-kasitteli-maailman-ensimmais-3d-bim-tietomallinnuksella-tehdyn-rakennusluvan-jarvenpaan-kaupungille>

Mallintava suunnittelu. N.d. Viitattu 28.10.2021. Artikkelit Elementtisuunnittelun verkkosivuilla. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/mallintava-suunnittelu>

Mitä on BIM? N.d. Viitattu 8.10.2021. Artikkelit Trimblen verkkosivuilla. <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim>

Puurakenteet: Yleisimmät rakennejärjestelmät. N.d. Viitattu 11.10.2021 Artikkelit Puuinfon verkkosivuilla. <https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/yleisimmat-rakennejarjestelmat/>

Puurakentaminen on tulevaisuuden rakentamisen tärkeimpiä teemoja. 2020. Viitattu 28.10.2021. Siparila. <https://www.siparila.fi/puurakentaminen/>

Puutavaraopas, sahatavara ja puutuotteet. 2019. Viitattu 8.10.2021. Puuinfon verkkosivulla. <https://puuinfo.fi/puutieto/puutavaraoppaat/puutavaraopas-sahatavara-ja-puutuotteet/>

Rakentaminen teräksestä. N.d. Viitattu 4.10.2021. Artikkelit teräsrakenneyhdistyksen verkkosivuilla. <https://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/teras/rakentaminen-teraksesta/>

RT 10-11066. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset Osa 1 Yleinen osuus. RT- ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 3.10.2021. <https://janet.finna.fi/>, RT- kortisto.

RT 10-11073. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset, Osa 8. Tietomallin käyttö havainnollistamisessa. RT- ohjekortti. Rakennustieto, viitattu 12.10.2021. <https://janet.finna.fi/>, RT- kortisto

RT 82-10821. 2004. Betonielementtirunkorakenteet. RT- ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 4.10.2021. <https://janet.finna.fi/>

Teknologia helpottamaan raskaita rakennustöitä 2. Tietomallinnus (BIM). 2020. viitattu 12.10.2021. Rakentaja.fi https://www.rakentaja.fi/pro/artikkelit/17183/uutta_teknologiaa_rakennustyomaille.htm

Teräsrakentaminen ja asennustyö. N.d. Viitattu 18.11.2021. Temacon. <https://temacon.fi/terasrakentaminen-ja-asennustyot/>

The core product for model checking and collaboration N.d. Viitattu 25.11.2021. Solibri. <https://www.solibri.com/solibri-office>


The Leading Video Platform For Education N.d. Viitattu 25.11.2021. Panopto. <https://www.panopto.com/panopto-for-education/>

Tietomallintaminen (BIM). 2017. Viitattu 28.10.2021. Artikkelit Skanskan verkkosivuilla. <https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/tietomallintaminen/>

Trimble kannattaa avointa tietomallia (Open BIM). N.d. Viitattu 12.10.2021. Artikkelit Trimblen verkkosivuilla. <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/open-bim>

Liitteet

Liite 1. Tietomalliselostus

Tietomalliselostus		RAK-BIM
Havainnollistuskuva kohteesta		
Tietomalliselostuksen päiväys	16.11.2021	
Muutospäiväys	-	
Tietomalliyhteyshenkilö	Jaro Sonninen	
Yhteyshenkilön sähköpostiosoite	k2975(at)student.jamk.fi	
Yhteyshenkilön puhelinnumero	0456130018	
Kohteen vastuullinen suunnittelija	Jaro Sonninen	
Kohteen projektipäällikkö	-	
Suunnittelukohde	Tietomalli prototyypin tuottaminen opetuskäyttöön	
Suunnitteluvaihe	Hankintoja palveleva suunnittelu	
Käytettävät ohjelmistot	Tekla Structures 2019	
Lisätietoja, huomioita yms.	IFC 2x3, Coordination view 2.0	

Yleiskuvaus mallinnusperiaatteista		
Nimikkeistöt/käytettävät kuvatason	BEC 2012	
Mallinnuksen mittayksikkö	mm	
Origo (x,y,z)	0,0,0 (sijaitsee moduuliviivaston A1 risteyspisteessä)	
Mallin tarkkuus	Hankintoja palveleva suunnitteluvaihe (YTV2012 Osa 5, liite 1 mukaisesti)	
Poikkeukset tarkkuustasosta	-	
Mallin tietosisältö	Perustukset (paikallavalu) Betonielementtirunko, Teräsrunko (Betonisandwich elementit, betoniseinät, betonipilari, betonipalkit, teräspilarit, teräspalkit) Vaakarakenteet (Ontelolaatat, massiivilaatat, paikallavalu) Vaipparakenteet (ei kantavat sandwich seinät, teräselementtiseinät) Vesikatteet Yläohjarakenteet (Puuristikot, teräsristikot, eristeet)	

	Liitokset
Poikkeukset tietosisällöstä	Seinien ylä- ja alareunan liitokset puuttuvat. Paikallavalulaatat ja kaistat sisältävät raudoituksen.
Valmiusaste	Hankintoja palvelevan suunnitteluvaiheen mukaisesti valmis
Muuta huomioitavaa	Portaat on rakennettu massaobjektina. Jäykisteet on rakennettu palkkityökalulla. Kattoristikot rakennettu massaobjektina. Profiilipeltikate rakennettu palkkityökalulla. Jäykisteiden, kattopalkkien ja ristikoiden liitokset rakennettu osista.