

Jarkko Malinen

Runkotyön turvallisuuden mallintaminen

Tekla Structures -ohjelmalla

Insinööri (AMK)

Rakennus- ja yhdys-

kuntatekniikka

Kevät 2020



**KAMK • University
of Applied Sciences**

Tiivistelmä

Tekijä(t): Malinen Jarkko

Työn nimi: Runkotyön turvallisuuden mallintaminen Tekla Structures -ohjelmalla

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), rakennustekniikka

Asiasanat: Tekla Structures, IFC, tietomallinus,

Insinööriytyön tavoitteena oli mallintaa Tekla Structures -ohjelmalla suojatarvikkeita runkotyön ajalle. Mallinnuksen kohteena oli Kainua-allianssin työmaa Kainuun uusi sairaala ja sen keväällä rakenteille tuleva lohko 5. Mallinnuksesta haluttiin tietoa suojatarvikkeiden määrästä, kierrosta ja kustannuksista. Tarvikkeille tehtiin hintavertailua eri vaihtoehtojen kesken. Mallinnuksen valmistuttua tehtiin suojatarvikkeiden IFC-malli. IFC (Industry Foundation Classes) on kansainvälinen rakennusalan ISO-standardoitu oliopohjainen tiedostomuoto tiedon siirtoon. Insinööriytyön toimeksiantaja oli Skanska Talonrakennus Oy.

Rakentamisen turvallisuutta ohjaa valtioneuvoston asetus rakennustyön työturvallisuudesta (205/2009) sekä RakMK A2. Turvallisuustuotteiden sijoittelu perustui rakennustöiden putoamissuojaussuunnitelman ohjeeseen Ratu 1223-S. Hissikuilujen osalta suojaus perustui hissityön ja siihen liittyvän rakennustyön turvallisuusohjeeseen RT 10-11044. Mallinnuksessa käytetyt ohjeet perustuivat Tekla Structuresin 2019 manuaaleihin sekä muihin Teklan julkaisemiin ohjeisiin nettisivuillaan.

Referenssinä mallinnukselle toimi Skanskalta saatu uuden sairaalan IFC-malli. Mallinnettavia suojatarvikkeita olivat suojakaiteet ja aukkosuojat. Mallinnuksen jälkeen Tekla Organizer -ohjelmasta saatiin tietoa rakenteiden sijainnista, ominaisuuksista sekä kappalemäärästä kerroksittain. Organizerin data siirrettiin Excel pohjaan, jossa suoritettiin määrälaskentaa, hintavertailua ja kierron määrittelyä. Mallinnuksen valmistuttua tehtiin suojatarvikkeiden IFC-malli, joka luovutettiin tilaajalle insinööriytyön luovutuksen yhteydessä.

Suojatarvikkeiden vähäinen määrä Teklan komponenttiluettelossa ei vaikeuttanut määrien ja kierron määrittelyä. Mallinnuksesta saadun tiedon pohjalta pystyi hyvin tekemään vertailua suojatarvikkeiden välillä ja saamaan kustannustietoa. Suojatarvikkeista tehtiin IFC-malli, jossa ovat kaikki mallinnetut komponentit. IFC-mallia voidaan käyttää lohko 5:n suojatarvikkeiden suunnittelussa ja kustannuslaskennassa.

Abstract

Author(s): Malinen Jarkko

Title of the Publication: Modelling Framework Security with Tekla Structures Software

Degree Title: Bachelor of Engineering, Construction and Civil Engineering

Keywords: Tekla Structures, IFC, BIM-modeling

The aim of this thesis was to use Tekla Structures to model protective materials for the duration of the framework. The target of the modeling was the Kainua Alliance worksite, new Kainuu hospital and its block 5, the construction of which began in early 2020. Using the modeling, information was required on the quantities, rotation and cost of protective equipment. For the modelled protective structures, a price comparison was made between the different alternatives. After the modeling was completed, an IFC model of protective structures was made. IFC (Industry Foundation Classes) is an international ISO standardized object-based construction industry file format for data transfer. The thesis work was commissioned by Skanska Talonrakennus Oy.

Construction safety is governed by the Government Decree on Occupational Safety in Construction (205/2009) and RakMK A2. The placement of safety products was based on the Ratu 1223-S. In the case of elevator shafts, the protection was based on the safety of elevator work on the RT-10-11044. The instructions used in the modelling were based on Tekla Structures 2019 manuals, as well as other instructions published by Tekla on its website.

The modelling was based on the IFC model of the new Kainuu hospital, owned by Skanska. The protective structures modelled were the guardrails and opening guards. After modelling, the Tekla Organizer provided information about the location of the safety structures, their properties and the number of pieces by layer. The data from the Organizer were transferred to an Excel template where volume calculation, price comparison and cycle definition were performed. After the completion of the modelling, an IFC model of the protective structures was made and handed over to the client in connection with the handing over of the thesis.

The small number of protective equipment in Tekla's component list did not make it difficult to determine quantities and stock turnover. Based on the information from the modelling, it was easy to make a comparison between protective equipment and to get cost information. The IFC model has been made concerning protective structures and it contains all the modelled components. The IFC model can be used in the design and cost calculations of block 5 protective structures.

Alkusanat

Opinnäytetyössä käsitellään runkotyön turvallisuuden mallintamista Tekla Structures ohjelmalla. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Skanska Talonrakennus Oy.

Tilaajan puolelta opinnäytetyön kartoitusvaiheessa olivat mukana Liisa Salmela ja Markus Ylimäki. Opinnäytetyön ohjaajina toimi Jukka Lintunen ja Esa Väänänen. Ohjaavana opettajana toimi Kaajanin Ammattikorkeakoulun Tekla Structures -opettaja Jakke Karjalainen.

Kiitokset erittäin mielenkiintoisesta ja opettavaisesta opinnäytetyöstä kaikille Skanskan edustajille. Oli ilo tehdä opinnäytetyö teille.

Lopuksi iso kiitos perheelleni, joka on mahdollistanut tämän urakan.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Työturvallisuus.....	3
2.1	Suojatarvikkeet.....	3
2.1.1	Suojakaide	3
2.1.2	Aukkosuoja	4
2.1.3	Nousutiet.....	5
2.2	Palvelun tarjoajat	6
2.2.1	Ramirent.....	6
2.2.2	Honeywell Compisafe.....	6
3	Tekla Structures	7
3.1	IFC.....	7
3.1.1	IFC-import.....	7
3.1.2	IFC-referenssi	7
3.1.3	IFC-export.....	9
3.2	Mallinnuksen asetukset.....	10
3.2.1	Gridien luonti	10
3.2.2	Työalueen rajaaminen.....	12
3.2.3	Mallin korjaaminen	13
3.3	Tekla Warehouse.....	14
3.3.1	Komponenttien lataaminen	14
3.3.2	Komponentin lataaminen Teklaan	15
3.4	Mallintaminen	16
3.4.1	Suojatarvikkeiden mallinnus	16
3.4.2	Copy.....	17
3.4.3	Move	18
3.4.4	Rotate	18
3.5	Organizer	19
3.5.1	Location category	19
3.5.2	Property category.....	22
3.5.3	Object browser	23
4	Tulosten käsittely Excelissä	24

4.1	Hintavertailu.....	24
4.2	Kierron suunnittelu	26
4.3	Kiertotaulukko	27
5	Tulokset	29
6	Pohdinta	31
	Lähteet	33
	Liitteet	

Symboliluettelo

BIM	Building Information Modeling, rakennuksen tietomalli
Grid	Kolmiulotteinen mallinnusverkko
IFC	Industry Foundation Classes, on buildingSMARTin kehittämä avoin standardi
Kainua-allianssi	Allianssin osapuolet Kainuun sote, Skanska Talonrakennus Oy, Sweco Architects Oy, Sweco Talotekniikka Oy, Sweco Rakennetekniikka Oy, Sweco PM Oy, Skanska Talonrakennus Oy, Caverion Suomi Oy
Moddex	Suojatarvikkeiden valmistaja
Natiivi	Referenssinä toimivan IFC-mallin mallinnus
Object browser	Lajittelee valittujen komponenttien tiedot Tekla Organizerissa
Organizer	Ohjelmisto Tekla Structures -mallin tietojen hallintaan
Ribbon	Työkalunauha
Snapping	Sijoituspisteen valinta Tekla Structuresissa
Sweco Cave	Työväline stereoskooppisen kuvan muodostamiseen 3-D maailmassa
Tekla Structures	Trimblen tietomalliohjelmisto rakennusten tarkkaan suunnitteluun
Tekla Warehouse	Teklan online-palvelu komponenttien säilytykseen ja jakamiseen
Trimble	Yhdysvaltalainen, ohjelmistoja valmistava yritys

1 Johdanto

3D-mallintaminen on hyvin yleistä rakennusosalalla. Mallintamalla pystytään esimerkiksi suunnittelemaan työvaiheita, varmistamaan rakenteiden yhteensopivuutta, toimittamaan mittatiedot valmistajille tai suunnittelemaan betonimuottien kiertoa. Rakennustietomalleja voidaan hyödyntää myös innovatiivisella tavalla valmistaa mallihuone 3D-virtuaalitodellisuudessa perinteisen mallihuoneen rakentamisen sijaan. Kainua-allianssin kohteessa oli käytössä Sweco Cave, jonka avulla käyttäjät pystyivät tutustumaan tuleviin tiloihin 3D-laseilla ja antamaan palautetta kalusteiden sijoittelun ja käytännöllisyyden suhteen.

Insinööriyön toimeksiantajana toimii Skanska Talonrakennus Oy, joka on osa Skanska Oy:tä. Skanska Talonrakennus Oy:n alaisuuteen kuuluu talonrakentaminen, Skanska talotekniikka ja Skanska Kodit. Skanska käyttää tietomallintamista kaikissa suunnittelemissaan rakennushankkeissa. Skanska Talonrakennus Oy kuuluu Kainua-allianssiin. Kainua-allianssin työmaa on Suomen ja Baltian Tekla BIM Awards -voittaja 2018 sekä saavuttanut kunniamaininnan Tekla Global BIM Awards 2018 -kilpailussa.

Mallintamisella saadaan tietoa suojatarvikkeiden määristä, kierrosta ja kustannuksista runkotyön ajalta. Mallinnuksen kohteena on Kainuun uuden sairaalan lohko 5, jonka rakentaminen alkoi vuoden 2020 alussa ja kestää vuoden 2021 kesälle. Mallinnuksen referenssinä toimii sairaalan IFC-malli. Sairaalan ensimmäisen vaiheen aikana suojatarvikkeet on tilattu tarpeen mukaan ilman tarkkaa tietoa määristä. Tällöin kustannustieto on ollut saatavilla jälkikäteen. Mallinnuksesta haetaan kustannus- ja määrätietoa, jonka mallista saa etukäteen.

Insinööriyön tavoitteena on runkotyön turvallisuuden mallintaminen Tekla Structures -ohjelmalla. Mallinnettavia komponentteja ovat suojakaiteet ja aukkosuojat. Mallinnuksessa mitoitetaan suojakaiteet olemassa olevien metallisuojakaitteiden sijoitusohjeen mukaan, jolloin saadaan tietää suojatarvikkeiden kappalemäärät ja tarvittavat suojakaidemetrit. Mallinnuksen jälkeen suojatarvikkeiden tiedot synkronoidaan Organizer-ohjelman kanssa. Organizerista saadaan tietoa suojatarvikkeiden sijainnista, ominaisuuksista ja määristä kerroksittain. Organizerin Object browserin kautta suojatarvikkeiden data siirretään Excel-taulukkoon. Excelissä kaiteiden kierron suunnittelusta saatava tieto auttaa suojakaiteiden määrän suunnitteluun. Kierto kertoo, mistä vapautuu suojakaiteita ja mihin tarvitaan suojakaiteita. Määrittäviä tekijöitä suojakaiteiden kierron

suunnittelussa ovat ontelolaattojen ja seinärakenteiden saapuminen sekä asentaminen. Ontelolaatat ja seinärakenteet määrittävät suojakaiteiden tarvehetken. Suojakaiteiden määrän pohjalta voidaan suorittaa hintavertailua metallisuojakaiteiden ja puusuojakaiteiden kesken. Hintavertailua tehdään suojakaiteiden kappalemäärillä ja työpanoksella. Excel-taulukossa tehdään määrälaskentaa, hintavertailua eri suojakaiteiden kesken sekä kierron määrittelyä kustannustehokkaan suojatarvikkeiden käytön takaamiseksi. Valmiista suojakaiteiden mallista tehdään IFC-malli, joka luovutetaan insinööriyön toimeksiantajalle opinnäytetyön luovutuksen yhteydessä.

2 Työturvallisuus

Rakentamisen turvallisuutta ohjaa valtioneuvoston asetus rakennustyön työturvallisuudesta (205/2009) sekä RakMK A2 ympäristöministeriön asetus rakennuksen suunnittelijoista ja suunnitelmista. Ohjeita rakentamisen turvallisuuteen löytyy Ratu-kirjallisuudesta, esim. Rakennustöiden turvallisuusohjeet, Raturva2. [1 ;2.]

2.1 Suojatarvikkeet

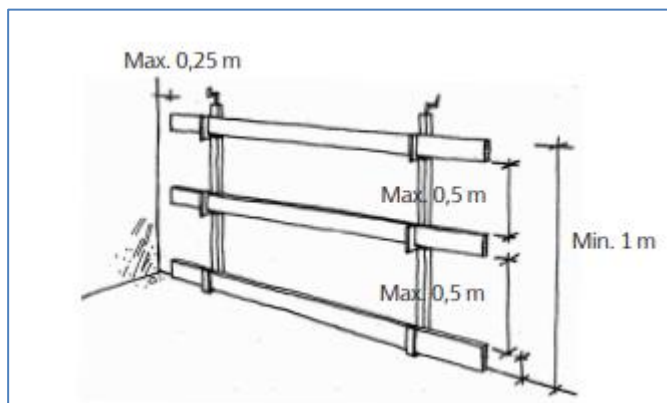
Työtasojen ja kulkuteiden vapaat sivut, joista voi pudota yli kahden metrin korkeudelta, tulee suojata suojakaiteilla tai muulla suojarakenteella. Vapaat sivut tulee suojata myös silloin, kun on hukkumisen tai erityisen vaaran mahdollisuus. Putoamista estävät suojarakenteet ja laitteet tulee olla mahdollisimman yhteneväiset suojausvaikutuksiltaan. Työn niin edellyttäessä, että suojarakenne väliaikaisesti poistetaan, tulee käyttää korvaavia suojatoimia. Työ ei saa jatkua ennen suojatoimien toteuttamista. Väliaikaisesti poistettu suojarakenne tulee palauttaa paikoilleen heti, kun työ on saatu valmiiksi tai keskeytynyt. [3, s. 139.]

2.1.1 Suojakaide

Suojakaiteita käytetään, jos putoamiskorkeus on 2 m tai enemmän. Suojakaiteen on kestettävä 1,0 kN:n suuruinen pistekuorma epäedullisimmasta suunnasta ilman rakenteeseen tulevia pysyviä muodonmuutoksia. [1.]

Suojakaiteen kaidemateriaali on huomiovärillä maalattu puutavara tai metallinen verkkoelementti. Puisen kaidemateriaalin koko on 50x100 mm. T18-lujuusluokan puulla suojakaiteen jänneväli yksiaukkoisena on 1,9 m ja kaksiaukkoisena 2,4 m. T24-lujuusluokan puulla jänneväli yksiaukkoisena on 2,4 m ja kaksiaukkoisena 3,0 m. Opinnäytetyössäni käyttämäni verkkoelementin suurin sallittu jänneväli on 2,2 m. Puisen kaidemateriaalin yhteydessä käytetään 22x150 mm:n jalkalistaa, jonka tulee kestää 0,5 kN:n pistekuorma epäedullisemmasta suunnasta. Jalkalistan lujuusluokka on sama kuin kaidemateriaalin. [1.]

Suojakaiteen asennuksessa on noudatettava kuvassa 1 esitettyjä määreitä. Suojakaiteen pään ja rakenteen välinen rako on enintään 0,25 m. Kaidepuiden väli on maksimissaan 0,5 m. Kaiteen korkeus tulee olla vähintään 1 m ja jalkalistan korkeus vähintään 0,15 m. [1.]

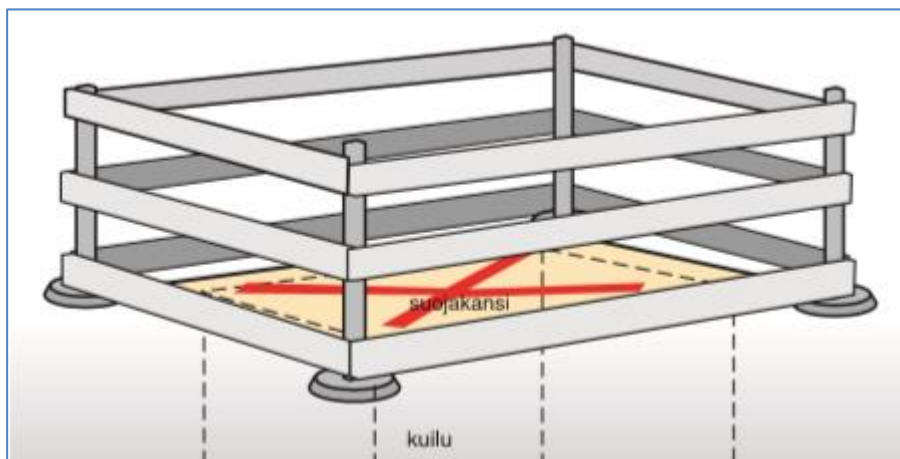


Kuva 1. Putoamissuojaus. [4.]

2.1.2 Aukkosuoja

Suojakansi rakennetaan puusta tai metallista, joka kestää vähintään 2 kN:n tasaisen kuormituksen. Suojakannen kestävyys tarkastetaan 1,5 kN:n pistekuormalla, joka tarkoittaa painon jakautumista 0,5x0,5 m kokoiselle pinta-alalle. Suojakannen liikkuminen paikoiltaan estetään joko kiinnittämällä suojakansi alustaan tai rakentamalla levyn alapuolelle siirtymisen estävät aluspuut. Suojakansi merkitään punaisella rastilla. Aukko suojataan kuvan 2 mukaisesti kaiteella pienemmän sivun tai halkaisijan ollessa yli 1 m. [1 ;2.]

Hissikuilujen aukot peitetään riittävän lujalla kansimateriaalilla, joka on kiinnitetty riittävän lujilla kiinnityksillä, esim. hissikuilukonsoleilla. Kansimateriaalina ei saa käyttää liukasta pintamateriaalia, kuten filmivaneria. [5.]



Kuva 2. Aukkosuojaus. [6.]

2.1.3 Nousutiet

Nousuteiden tulee olla turvalliset kulkea siirryttäessä työtasolle. Nousuteiden turvallisuutta edistää luotettava rakenne, oikea sijoittaminen ja turvalliset askelmat (kuva 3). Telineiden käyttö ei saa vaarantaa seisontavakavuutta. Nousutiet on kiinnitettävä niin, ettei tapahdu tahatonta irtoamista tai siirtymistä paikoiltaan. Nousuteiden molemmilla avoimilla sivuilla tulee olla suojakaide koko pituudeltaan. [3, s. 223.]



Kuva 3. Porrastornikonaisuus. [7.]

2.2 Palvelun tarjoajat

Ramirentin ja Honeywellin palveluvalikoimasta löytyy suunnittelupalvelu, joka kattaa 3D-mallinnuksen. Palvelu sisältää putoamissuojajärjestelmien ja korkealla työskentelyn turvajärjestelmien integroimisen suoraan asiakkaan 3D-malleihin. Palvelu varmistaa kaluston oikean toimitusmäärän ja sopivuuden kohteeseen.

2.2.1 Ramirent

Ramirent tarjoaa suunnittelupalvelua, joka sisältää työkohteen turvallisuuden ja erikoisvaatimusten edellyttämät suunnitelmat. Suunnittelun hyödyt ovat turvallisuus, kustannustehokkuus ja ajansäästö. Kustannustehokkuus saavutetaan oikealla kaluston määrällä ja sopivuudella kyseiseen kohteeseen. Suunnitelmat tehdään perinteisenä 2D-suunnitteluna tai suoraan 3D/BIM-mallinnuksena IFC-mallin pohjalle. [8.]

2.2.2 Honeywell Compisafe

Honeywellin suunnittelupalvelu on integroinut käyttöönsä StruCadin ja Teklan. Combisafen valikoimaan kuuluvat putoamissuojajärjestelmät ja korkean työskentelyn turvajärjestelmät, jotka pystytään integroimaan suoraan teräsvalmistajien 3D-malleihin. Yhdellä kattavalla ohjelmistopakettilla voidaan asettaa turvajärjestelmät suoraan asiakkaan malliin, jolloin saadaan putoamissuojauksen ja turvajärjestelmien sijoitus- ja kiinnityskohdat. [9.]

3 Tekla Structures

Tietomalliohjelmisto on kehitetty tarkkaan rakennussuunnitteluun. Tekla Structuresilla voidaan luoda tarkkoja tietomalleja, jotka sisältävät rakentamisen ja kunnossapidon tarvitsemat rakenne-tiedot. Tekla Structuresista voidaan viedä, tuoda ja linkittää tietoa muihin ohjelmistoihin sekä di-gitaalisiin mittalaitteisiin niin työmaalla kuin myös työkoneissa. Tietomalliohjelmisto sisältää maakohtaisia asetuksia ja tietoja, jotka vastaavat paikallisen rakentamisen standardeja. [10.]

3.1 IFC

IFC (Industry Foundation Classes). IFC on korkeatasoinen tapa kuvata osia 3D-maailmassa, jossa on tarkka tieto osan sijainnista, suhteista ja ominaisuuksista. IFC on buildingSMARTin, aiemmalta nimeltään IAI (International Alliance for Interoperability), kehittämä avoin standardi (ISO 16739-1:2018). [11.]

3.1.1 IFC-import

IFC-mallin lataaminen voidaan tehdä Teklan Trimble Connector- tai Trimble Connect Web-sivun kautta. Teklan Trimble Connector löytyy Teklan ”Ribbonista” ja Trimble Connect Web on nettisivu, johon kirjaudutaan Trimble-tunnuksilla. Opinnäytetyössä Teklan Trimble Connect Webin kautta lataaminen ei jostain syystä onnistunut. Lataaminen suoriutui loppuun, mutta ladattua kansiota ei löytynyt ladatuista tiedostoista. IFC-mallin lataaminen suoritettiin onnistuneesti Trimble Con-nect Webin kautta.

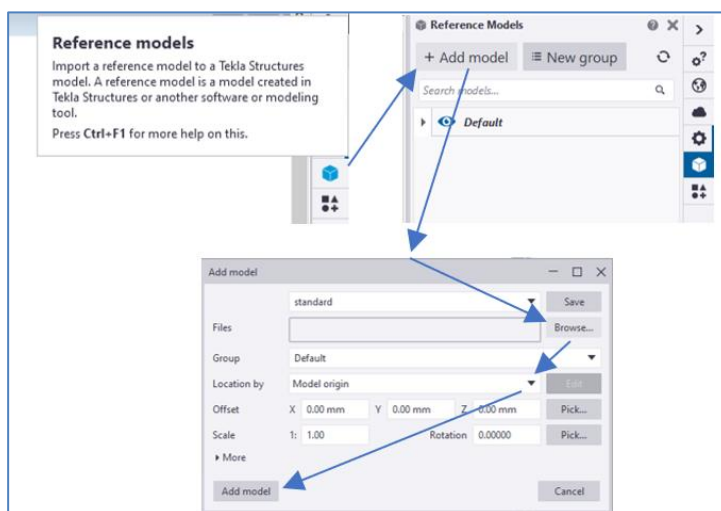
3.1.2 IFC-referenssi

Referenssimalli on tiedosto, joka toimii mallinnuksen pohjana. Referenssimalli voi olla peräisin toisesta ohjelmistosta, mallinnustyökalusta tai Teklasta. Mallina voi toimia yksinkertainen 2D-malli tai 3D-malli. [12.]

Tuettuja referenssiformaatteja ovat

- AutoCAD files .dxf / dwg (dwg tuettu versio ADAC2018 tai aiempi)
- MicroStation files. dgn, .prp
- IFC files .ifc, .ifczip, .ifcxml
- IGES files .igs , .iges
- PDF files .pdf
- SketchUp files .skp (tuettu versioi 2018 tai aiempi)
- STEP files .stp, STEP
- Tekla Collaboration files .tczip
- LandXML files .xml

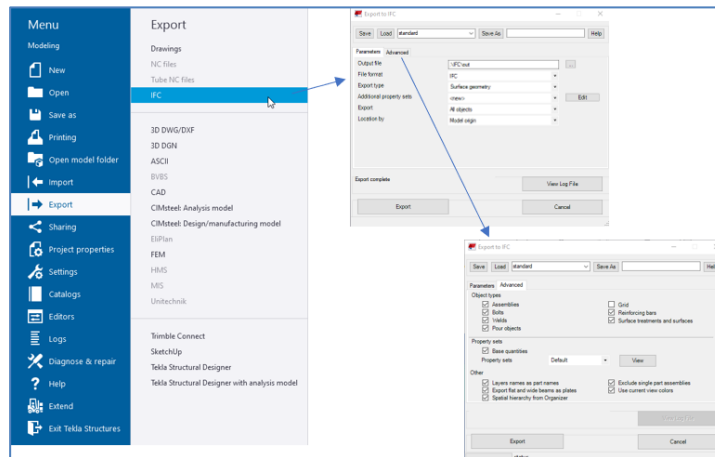
Referenssimalli ladataan klikkaamalla sivupaneelin "Reference models"-painiketta. Avautuneelta välilehdeltä klikataan "Add model", jonka jälkeen avautuu "Add model"-valintaikkuna. "Files"-kohtaan haetaan referenssimalli "Browse"-painikkeen kautta. Malli voidaan sijoittaa mallin origon mukaan, työtason mukaan tai tukipisteen eli projektin origon mukaan. Opinnäytetyössä mallin sijoituskohtana käytettiin referenssimallin origoa ("Model origin"). Asetusten jälkeen klikataan "Add model"-painiketta (kuva 4). Referenssimalli latautuu, ja Tekla Structures antaa varoitusilmoituksen mallin laajenemisesta työalueen ulkopuolelle. Varoitusilmoitus kuitataan "Expand"-painikkeella. [13.]



Kuva 4. Referenssimallin lataaminen

3.1.3 IFC-export

Mallinnuksen valmistumisen jälkeen tehdään IFC-malli IFC-export-toiminnon avulla. "Menu"-valikosta valitaan Export IFC-toiminto. Export to IFC "Parameters"-välilehdelle määritellään "Output file" IFC-tiedoston nimi, "File format" IFC-tiedoston muoto, "Export type" export-tyyppi, export-toiminnon kohde ja valmistuvan IFC:n sijoituskohta. "Advanced"-välilehdeltä aktivoidaan objektityypit, jotka halutaan sisältyvän IFC-malliin. Opinnäytetyössä "Export" kohdistettiin jokaiseen objektiin, jolloin kaikki mallinnetut osat tulivat IFC-malliin, sekä valittiin kaikki objektityypit "Grid"-verkkoa lukuun ottamatta. "Grid"-verkon aktivointi toisi mallinnuksen grid-verkon IFC-malliin. Asetusten tekemisen jälkeen klikataan "Export"-painiketta (kuva 5). Valmis IFC-tiedosto muodostuu mallin IFC-kansioon.



Kuva 5. IFC-export

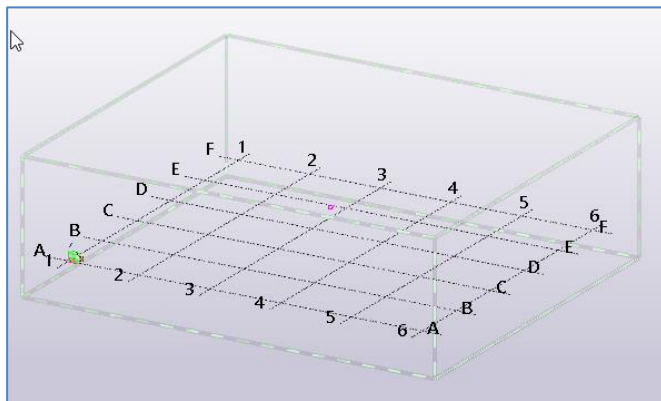
3.2 Mallinnuksen asetukset

Grid-verkon ja työalueen näkymäasetuksia muokataan ennen mallinnuksen aloittamista. Grid on mallinnusverkko, joka muodostaa kolmiulotteisen mallinnustuen. Grid-verkkoa käytetään objektien paikantamiseen mallissa. Grid-tasoja voi olla vaak- ja pystysuunnassa useita. Yksittäisiä grid-ejä voidaan luoda yksityiskohtaisen mallintamisen tueksi. [14.]

Työalue rajataan ennen mallintamista. Tekla Structures osoittaa rajatun työalueen katkoviivojen avulla. Rajaamisella pienennetään näkymää. Työalueen rajaaminen yksinkertaistaa näkymää ja nopeuttaa päivittämistä. [15.]

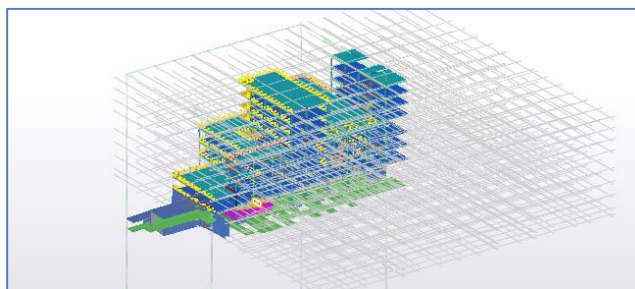
3.2.1 Gridien luonti

Referenssimallin lataamisen jälkeen Tekla Structures muodostaa perus-grid-verkon A–F ja 1–6. Grid-verkon ruutukoko on 7000 mm*6200 mm (kuva 6).



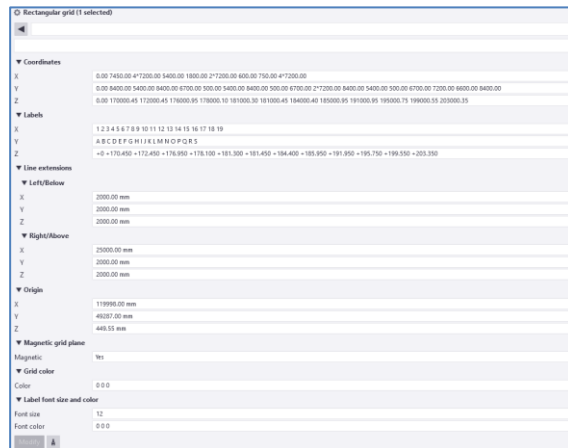
Kuva 6. Perus-grid-verkko

Opinnäytetyössä referenssinä toimivan IFC-mallin alkuperäinen grid-verkko näkyi mallissa, mutta sen pohjalta ei voinut luoda näkymiä ja mallintaminen olisi ollut haasteellista (kuva 7). Natiivigruidien käyttäminen olisi vaatinut käyttöoikeuksien anomisen, joten Tekla Structuresin muodostamien gridien muokkaaminen vastaamaan referenssimallin gridejä oli aikataulullisesti parempi vaihtoehto. Referenssimallin "Grid Layerit" kytkettiin pois ennen mallinnusprosessin aloittamista.



Kuva 7. IFC-mallin gridit

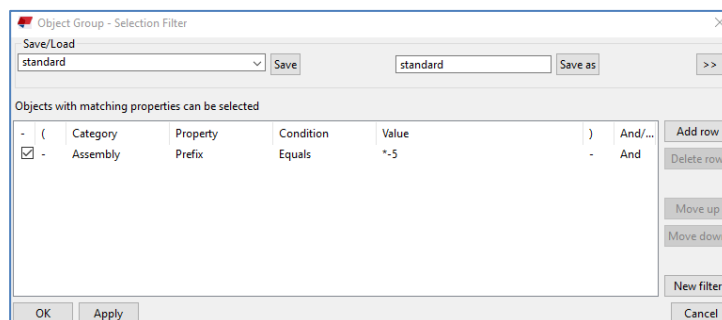
Gridien avulla luodaan näkymiä eri kerroksiin vaaka- ja pystysuunnassa. Näkymät helpottavat mallinnusprosessia, ja kerrosmäärittely suoritetaan gridien pohjalta Organizerissa. Opinnäytetyössä referenssigridien mittaamisen jälkeen pystyttiin määrittämään gridien arvot x- ja y- akselien suuntaisesti. Z-akselin arvot määriteltiin referenssilayereiden mukaan (kuva 8).



Kuva 8. Gridien määrittäminen

3.2.2 Työalueen rajaaminen

Tekla Structuresissa voidaan rajata työaluetta joko Selection Filterillä tai työalueen rajaustoiminnolla. Filterillä voidaan rajata työaluetta sallimalla tiettyjen objektien tai alueen näkyminen. Työalueen rajaustoiminnolla sallitaan halutun alueen näkyminen. Tällöin kaikki objektit kyseisellä alueella näkyvät. Opinnäytetyössä työalueen rajausta ”Selection Filter”-toiminnon kautta (kuva 9) ei voinut tehdä, koska IFC-malli toimi referenssinä ja komponentit olivat IFC-muodossa. IFC-muodossa olevia komponentteja ei voi ottaa valintaan. Komponentit pystyittäisiin muuttamaan natiiviosiksi, mutta tällöin alkuperäisten osien siirtyminen ja muokkaantuminen olisi mahdollista. IFC-mallin komponentteja ei muokattu natiiviosiksi.



Kuva 9. Työalueen rajaaminen Filterillä

Työalueen rajaaminen suoritetaan valitsemalla Tekla Structuresin ”Ribbonista” ”Work area” ja avautuvasta valikosta ”Fit work area using two points” (kuva 10). Opinnäytetyössä alueen rajausta tehtiin gridien 10 ja H rajojen mukaan, jolloin saatiin rajattu rakenteille tuleva lohko 5 (kuva 11).

3.3 Tekla Warehouse

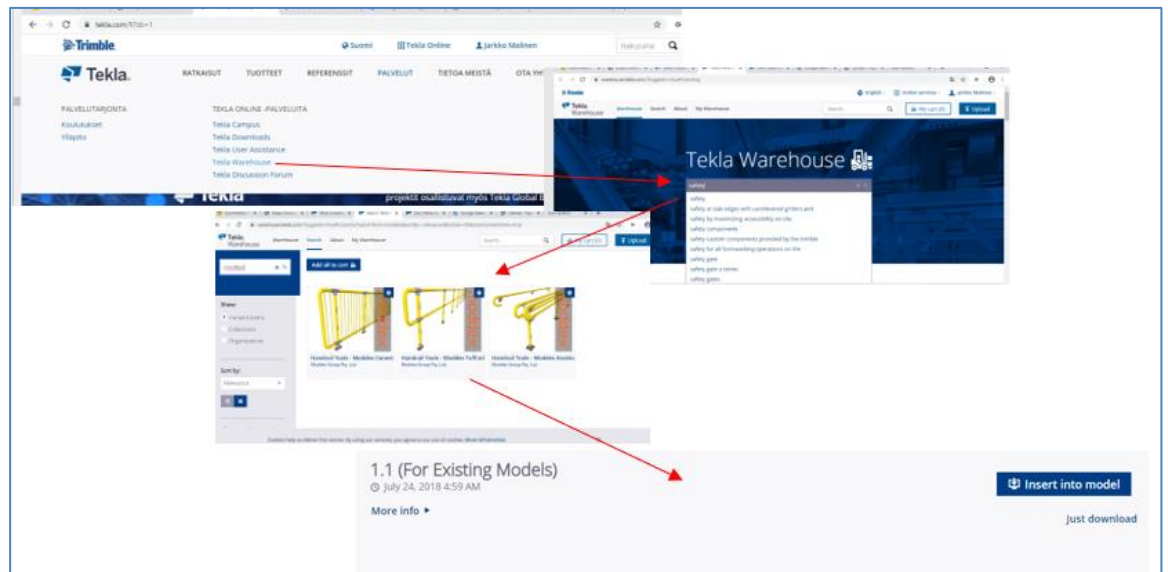
Tekla Warehouse on Teklan online-palvelu, jossa säilytetään ja jaetaan Tekla Structuresin ja kolmansien osapuolien, esim. Peikko, Anstar tuotteita. Palvelua voi käyttää myös offline-tilassa. Tekla Warehousessa eri toimijat voivat jakaa omia tuotteitaan. Jotkin osiot vaativat Teklan ylläpidon käyttöluvan; kyseiset osiot on merkitty avaimen kuvalla. Tekla Warehousen sisällölle löytyy seuraavia kategorioita. [16.]

- 3D-tuotteet
- Malli-asennustiedostot
- Muokatut komponentit
- Piirtämisen asennustiedostot
- Profiilit
- Pultit
- Raudoitus
- Raporttipohjat
- Sovellukset
- Tarvikkeet

3.3.1 Komponenttien lataaminen

Komponenttien lataaminen Tekla Structuresiin tehdään Tekla Warehousesta. Warehouseen kirjaudutaan Tekla-tunnuksilla. Hakukenttään syötetään halutun komponentin hakusana ja haun mukaiset komponenttivalikoimat tulevat näkyviin. Opinnäytetyössä työturvallisuustuotteiden etsiminen Tekla Warehousesta tehtiin hakusanalla ”safety”. Haun tuloksena oli erinäinen lajitelma turvatuotteita. Turvakaidevalikoima löytyi Moddixin valikoimasta. Tekla Warehousesta

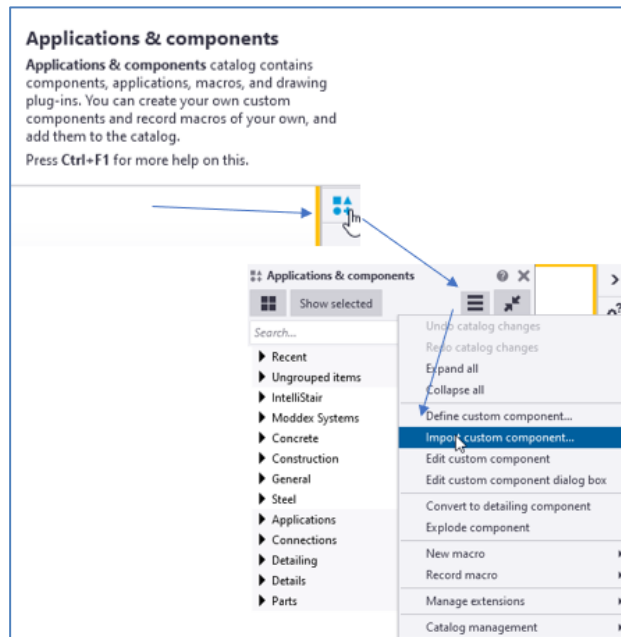
voidaan ladata tuotteita suoraan Tekla Structuresiin tai omalle koneelle ladattuihin tiedostoihin (kuva 13).



Kuva 13. Komponenttien lataaminen

3.3.2 Komponentin lataaminen Teklaan

Tekla Structures-sivupaneelistä klikataan "Application & components"-painiketta. Avautuneesta valikosta valitaan "Katalogi" ja "Import custom component" (kuva 14). Ladatuista tiedostoista valitaan tiedosto, jonka pääte on .uel ja tuodaan komponentit Tekla Structuresiin.



Kuva 14. Komponentin lataaminen Teklaan

3.4 Mallintaminen

Mallintaminen alkaa tutustumalla Tekla Structuresin -toimintoihin gridien muokkaus ja näkymien luonti. Gridien ja näkymien luomisen jälkeen työalue rajataan mallintamisen hahmottamisen helpottamiseksi sekä mallin päivittymisen nopeuttamiseksi. Tekla Structuresin asetusten jälkeen aloitetaan mallintaminen. Mallintamisen aikana komponentteja kopioidaan, siirretään ja käännetään x-, y-, ja z-akselin suuntaisesti. Komponenttien paikat määritellään snappaamalla. Sijoituspisteen valintaa kutsutaan sanalla "Snapping". [17.]

3.4.1 Suojatarvikkeiden mallinnus

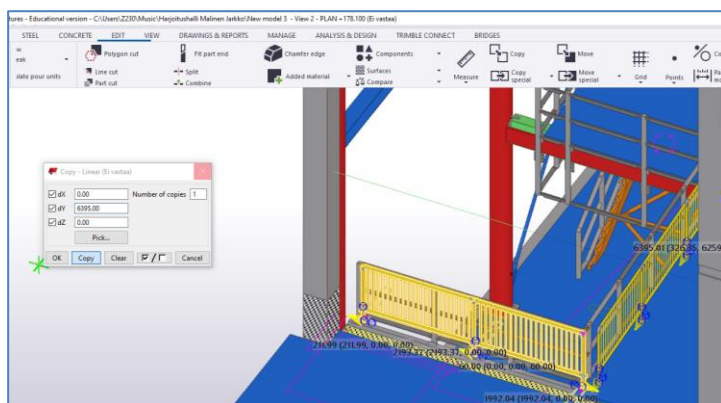
Suojakaide-elementti valitaan sivupaneelin "Application & components"-valikosta. Valinta tehdään klikkaamalla suojakaiteen kuvaa, jonka jälkeen suojakaide voidaan sijoittaa malliin. Suojakaide-tolpan valinta suoritetaan samalla tavalla. Suojakaide-elementit sijoitetaan noudattaen suojatarvikkeiden määräyksiä. Opinnäytetyössä suojakaide-elementtien tarkka sijoittaminen aloi-

tettiin mittaamalla rakenneaukon pituus ja laskettiin, kuinka monella suojakaide-elementillä saataisiin aukko mallinnettua. Mallinnuksen lähtökohtana käytettiin suojakaide-elementtiä, jonka pituus oli 2400 mm. Suojakaide-elementin tehollinen asennusväli oli k/k 2200 mm.

3.4.2 Copy

Opinnäytetyössä hyödynsin Copy-toimintoa todella usein. ”Copy”-painike löytyy ”Ribbonista” tai hiiren oikean painikkeen alta. Suojakaidekokoonpanon ollessa valmis otetaan kaikki osat valintaan vetämällä hiiren vasen painike pohjassa aitaelementin yli oikealta vasemmalle tai klikkaamalla ctrl+-painike pohjassa hiiren vasemmalla painikkeella jokaisen valittavan komponentin kohdalla. Ctrl+-painike pohjassa tehtävää valintaa joudutaan käyttämään, jos ympärillä on paljon mallinnettuja komponentteja ja alueen yli vetämällä valintaan tulisi ylimääräisiä komponentteja.

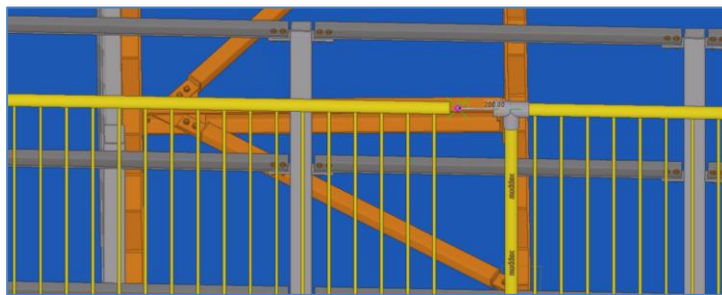
Suojakaiteen ollessa valittuna klikataan jotain muokkauspistettä ja vedetään hiiren kursorilla haluttuun paikkaan. Suojakaiteen sijoituspaikan valinta suoritetaan klikkaamalla määräpistettä. Kopiointia voidaan suorittaa myös ”Copy Linear”-toimintona, jolloin määritetään haluttu x-, y- tai z-arvo avautuneeseen valikkoon ja suoritetaan kopiointi (kuva 15). Kopiointisuunnan ollessa origonullen vastainen haluttu arvo syötetään negatiivisena. ”Copy Linear”-toiminnolla on helppo kopioida mallinnettuja kokonaisuuksia kerroksittain.



Kuva 15. Suojakaiteen kopioiminen Copy-toiminnolla

3.4.3 Move

”Move”-toiminnolla muokataan suojatarvikkeen pituutta tai paikkaa. Paikan muokkaaminen tapahtuu ”Move Linear”-toiminnolla. Suojatarvikkeen valinta suoritetaan kuten ”Copy”-toiminnolla. ”Move Linear”-toiminnolla voidaan suojakaide-elementti siirtää haluttuun paikkaan määrittelemällä x-, y- tai z-koordinaatti. Suojatarvikkeen pituuden muokkaamisessa suojatarvike otetaan valintaan klikkaamalla kohdetta. Siirrettävän pään muokkauspisteet aktivoidaan kaksoisklikkaamalla hiiren oikealla painikkeella. Tällöin muokkauspiste muuttuu täysväriseksi. Valinnan yhteydessä avautuu suojatarvikkeen valikko, joka suljetaan pois. ”Move”-toiminto otetaan valintaan ”Ribbonista” tai hiiren oikean painikkeen alta. Klikataan täysväristä muokkauspistettä ja määritetään tarvittava pituus (kuva 16).



Kuva 16. Pituuden muuttaminen move toiminnolla

3.4.4 Rotate

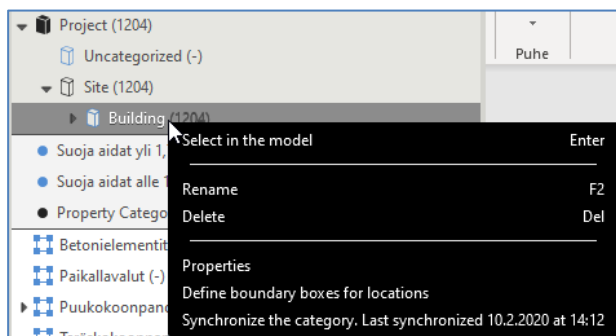
”Rotate”-toimintoa käytetään ”Copy”- ja ”Move”-toiminnon yhteydessä. Toiminto löytyy molempien toimintojen valikosta. ”Rotate”-toiminnolla voidaan kopioida tai siirtää suojakaide-elementtejä halutun asteluvun verran, jolloin valmiiksi mallinnettuja suojakaiteita pystytään hyödyntämään. Opinnäytetyön referenssinä toimineessa IFC-mallissa oli yksi poikkeava kattolinja muihin linjoihin nähden. Kattolinjalla joutui tolppia kääntämään ”Rotate”-toiminnolla 3,9 astetta, että saatiin tolppien molemmat reunat samalla etäisyydelle ontelolaatan reunasta ja kaikki suojakaiteet sijoitettua suoraan linjaan.

3.5 Organizer

Organizer on tehokas mallitietojen hallinnan työkalu, jota käyttävät projektin eri vaiheissa suunnittelijat, työnjohto, urakoitsijat sekä kaikki muut käyttöoikeuden haltijat. Organizer synkronoi daan mallin kanssa ensimmäisen käynnistyksen yhteydessä ja sen jälkeen aina muutostilanteessa. Synkronoinnin jälkeen päästään kaikkiin mallitietoihin, myös IFC-tietoihin. Organizerista saadaan esim. kappalemääriä ja ominaisuustietoja kategorioittain. [18.]

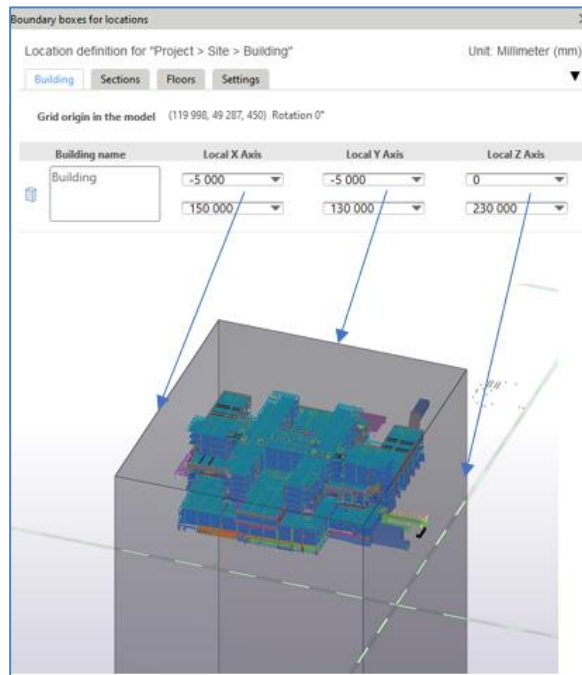
3.5.1 Location category

Location category -määrittely aloitetaan klikkaamalla hiiren vasemmalla painikkeella ”Categories”-osion ”Building”-välilehteä. ”Building”-välilehden ollessa aktiivinen klikataan hiiren oikeata painiketta, jolloin avautuu valikko. Valikosta valitaan ”Define boundary boxes for locations” (kuva 17).



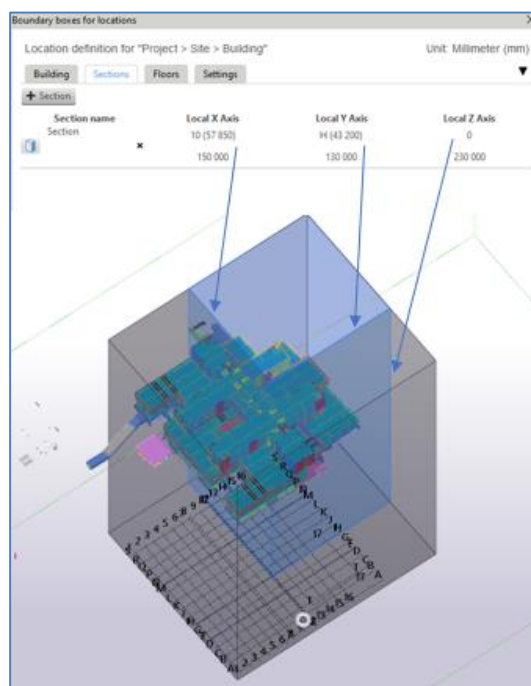
Kuva 17. Location categoryn määrittäminen

”Boundary boxes”-valikon avautumisen jälkeen määritellään x-, y- ja z-arvot (kuva 18). X-, y- ja z-lähtöarvoina ovat malliin määritetyt raja-arvot. Uudet arvot määritellään siten, että mallinnettava kohde on kokonaisuudessaan Boundary boxin sisällä.



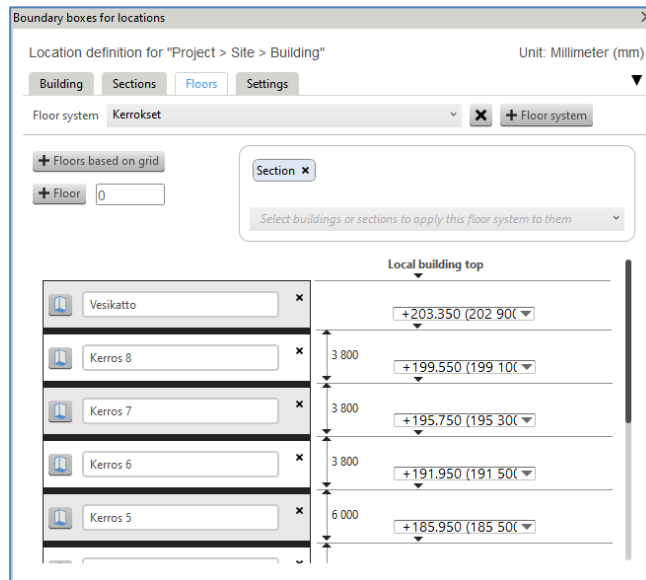
Kuva 18. Boundary boxes for locationin määrittely

”Sections”-välilehdellä voidaan malli jakaa osioihin, jolloin saadaan rajattua haluttu alue. Opinnäytetyössä ”Sections”-välilehden arvoiksi valittiin x-akselille grid 10 ja y-akselille H, jolloin rajattu alue sisälsi mallinnettavan lohkon 5 (kuva 19).



Kuva 19. Sectionin määrittely

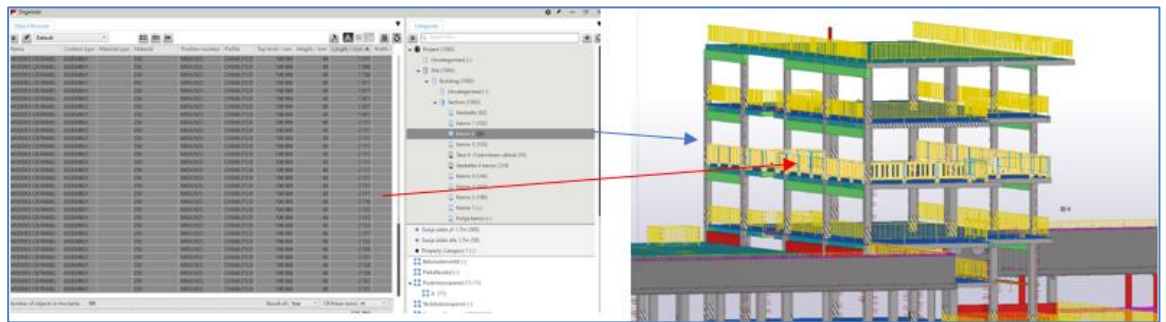
”Floors”-välilehdellä tehdään kerrosmäärittely. Määrittely voidaan suorittaa grid-verkkopohjaisesti tai määrittelemällä kerrokset manuaalisesti. Opinnäytetyössä suoritettiin kerrosten määrittely automaattisesti grid-verkkoon pohjautuen. Automaattisen määrittelyn jälkeen nimettiin vesikatto ylimmäksi kerrokseksi.(kuva 20).



Kuva 20. Grid-verkkopohjainen kerrosmäärittely

Opinnäytetyössä kerrosmäärittelyn jälkeen lisättiin manuaalisesti kerrokset vesikatto 4 ja taso 4:n ja 5:n kerroksen välillä. Kyseisten kerrosten määrittelyä ”Floors”-välilehdellä ei voinut tehdä, koska tasolla 4 ja 5 kerroksen välillä ei ollut grid-verkkoa ja 4. kerroksen vesikaton suojatarvikkeet haluttiin erilleen 4. kerroksen suojatarvikkeista. Manuaalinen kerrosten lisääminen tapahtuu klikkaamalla ”Sections”-välilehteä. Välilehden ollessa valittuna klikataan hiiren oikeaa painiketta. Avautuvasta valikosta valitaan ”New floor”. ”New floor” nimetään uudelleen.

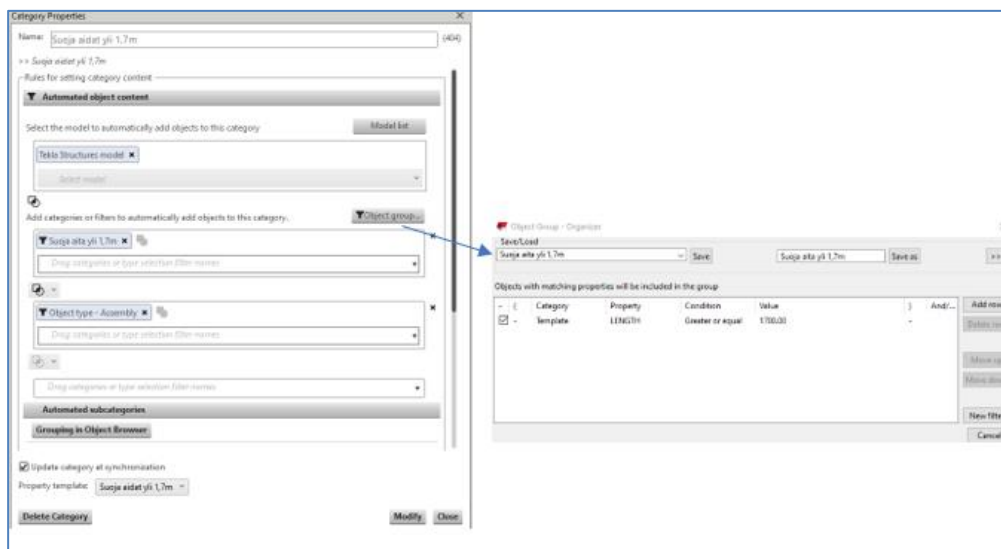
”Uncategorized”-välilehdelle joutuneet osat käydään läpi korkeuden mukaan ja siirretään oikeaan kerrokseen. Opinnäytetyössä osien sijainti tarkastettiin kerroksittain ottamalla kaikki osat valintaan Object browserissa. Klikattiin hiiren oikeaa painiketta ja avautuneesta valikosta valittiin ”Select in the model”. Tekla Structuresin näkymästä tarkastettiin, että kaikki kerroksen osat näkyivät keltaisena (kuva 21).



Kuva 21. Select in the modelin tarkistaminen

3.5.2 Property category

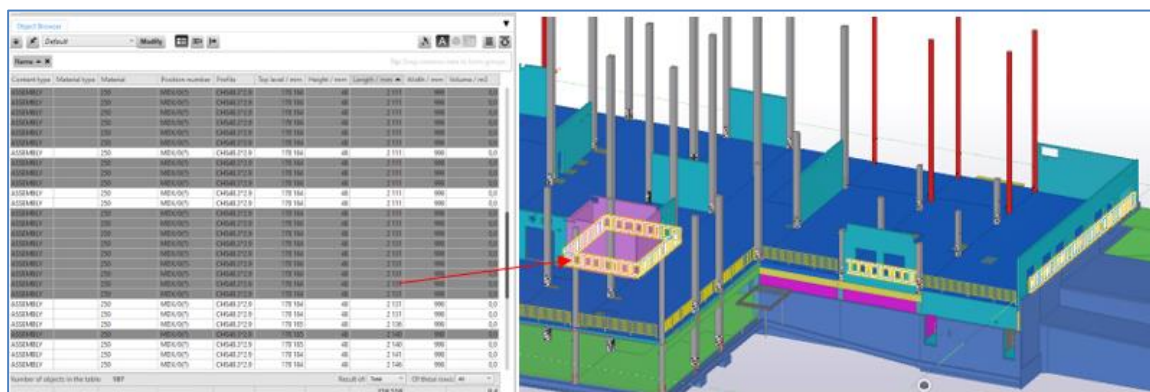
Opinnäytetyössä Property categoryyn tehtiin Filter, jonka avulla pystyttiin erittelemään mallin kaikki yli 1,7 m:n suojakaide-elementit, jotta saataisiin tietää mallin suojakaidekokonaisuuksien erot. Filter tehtiin klikkaamalla "Categories"-osion "Property category"-välilehteä. Aktivoituneella välilehdellä klikattiin hiiren oikeaa painiketta. Avautuneesta valikosta valittiin "New category" ja nimeksi laitettiin suoja-aidat yli 1,7 m. "Model list"-valikosta valittiin Tekla Structures -objektien haun kohteeksi. "Object group"-napista avattiin "Filter"-ikkuna. Filterin "Category"-osioon valittiin "Template", "Property"-osioon "LENGTH", "Condition"-osioon "Greater or equal" ja "Value"-osioon syötettiin "1700.00". Filterillä etsittiin 1700 mm tai pitemmät objektit (kuva 22).



Kuva 22. Property category Filterin tekeminen

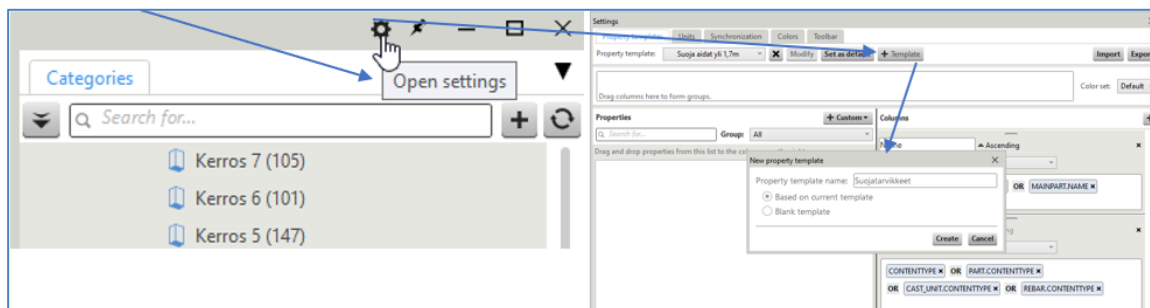
3.5.3 Object browser

Opinnäytetyössä Object browseria käytettiin osien lajitteluun kerroksittain, osien sijainnin tarkistamiseen select in the model -komennolla ja tulostuslistojen muokkaukseen. Object browserilla etsittiin kantavien seinien alle jäävät osat ottamalla osat valintaan ja käyttämällä ”Select in the model” -komentoa. Valitut osat näkyivät keltaisena Tekla Structuresin kuvaruudussa (kuva 23). Suojatarvikkeet tarkistettiin kerroksittain osa kerrallaan, mikä osa jää kantavan seinän sisälle. Kantavien seinien alle jäävät osat merkattiin Object browserista tulostettuihin Excel-tiedostoihin.



Kuva 23. Object browserin käyttö osien lajitteluun

Opinnäytetyössä tulostuksen määreitä muokattiin Organizer settings -asetuksista. Valikko avattiin klikkaamalla ”Open settings”. Uusi Template tehtiin ”Template”-painikkeesta ja nimettiin suojatarvikkeiksi (kuva 24). ”Template”-pohjaksi otettiin standard ja muokattiin niiltä osin, että saatiin halutut sarakkeet. Haluttuja sarakkeita olivat pituus, leveys, kappalemäärät ja sijainti. Ennen tulostusta aktivoitiin Object browserin ”Group”-painike ja vedettiin nimi ”Group”-järjestelijäksi. Object browser järjesteli suojatarvikkeet nimen perusteella.



Kuva 24. Näkymäfilterin tekeminen

4 Tulosten käsittely Excelissä

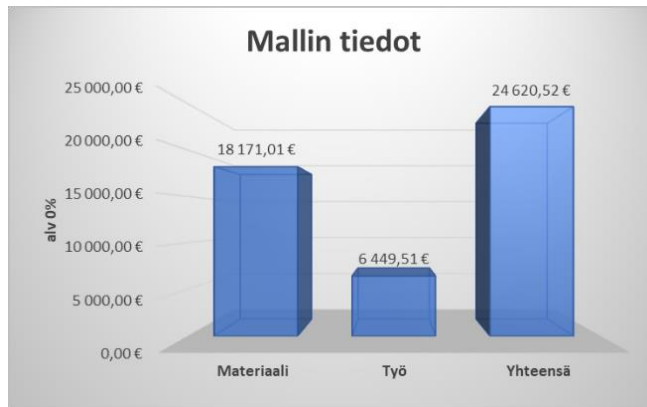
Opinnäytetyössä tulosten käsittelyä varten tehtiin Excel tiedosto, jossa jokaiselle kerrokselle oli oma välilehti. Välilehdille ladattiin Organizerin tiedot kerroksittain Excel muodossa. Kerroksittain löytyvää tietoa ovat suojakaide-elementtien, tolppien, aukkosuojien, nousuteiden ja työtasojen kappalemäärät. Excel-tiedostosta löytyy kerrosten lisäksi välilehdet hintavertailulle, kierron suunnittelulle ja kiertotaulukolle. Tiedot on linkitetty keskenään niin, että kun kaiteen kokonaispituutta muutetaan, päivittyvät tiedot myös yhteenvetotaulukoihin. Hintavertailu-välilehdeltä löytyy hinnasto, jossa ovat vuokrahinnat ja työpanokset. Hintojen ja työpanosten lähteet on merkattu hinnastoon (liite 1).

4.1 Hintavertailu

Hintavertailun lähtökohtana oli mallista saatu data. Suojakaiteiden pituustiedon pohjalta tehtiin vertailu mallin tietojen, metallikaiteen ja puukaiteen välillä. Mallin suojakaidekokonaispituus kerroksittain jaettiin metallikaiteen k/k 2200 mm jaolla ja puukaiteen k/k 3000 mm jaolla, joka tarkoittaa puukaidetta kaksiaukkoisena T24-luokan puumateriaalilla. Mallinnuksessa käytettiin metallikaiteen k/k 2200 mm jakoa, mutta toteutunut jako erosi suunnitellusta, joten vertailun yhdenmukaisuuden saavuttamiseksi mallinnettu kokonaispituus jaettiin suojakaiteen jaolla.

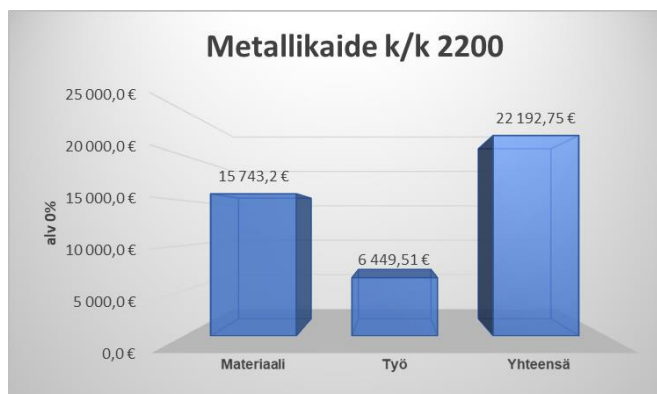
Hintavertailua tehtiin materiaalin ja työpanoksen avulla. Metallikaiteen materiaalihinta koostui aitaelementeistä ja tolpista. Puukaiteen materiaalihinta koostui tolpista, kahdesta 50*100 mm:n kaidepuusta ja 22*150 mm:n jalkalistasta. Työpanoksena metallikaiteelle käytettiin 0,22 tth/jm ja puukaiteelle 0,52 tth/jm. Työpanoksessa otettiin huomioon tolppien asentaminen (liite 2).

Mallin tietojen mukaan metallikaiteella materiaalin hinnaksi saatiin 18170,00 € ja työn hinnaksi 6449,50 €. Työn ja materiaalin hinta oli yhteensä 24620,50 € (alv 0 %), 30529,40 € (alv 24 %) (kuva 25).



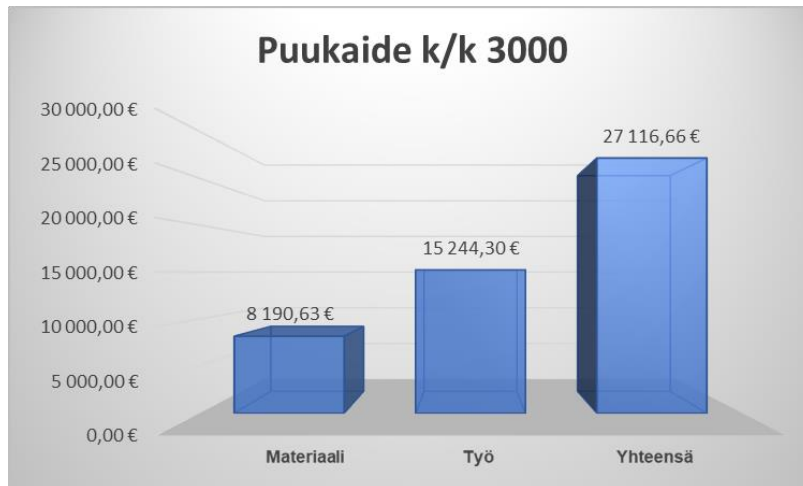
Kuva 25. Mallin hintavertailu

Hintavertailu metallikaiteella k/k 2200-materiaalin hinnaksi saatiin 15743,20 € ja työn hinnaksi 6449,50 €. Työn ja materiaalin hinta oli yhteensä 22192,75 € (alv 0 %), 27519,00 € (alv 24 %) (kuva 26).



Kuva 26. Metallikaiteen hintavertailu

Hintavertailu puukaiteella k/k 3000-materiaalin hinnaksi saatiin 8190,60 € ja työn hinnaksi 15244,30 €. Työn ja materiaalin hinta oli yhteensä 27116,70 € (alv 0 %), 33624,70 € (alv 24 %) (kuva 27).



Kuva 27. Puukaiteen hintavertailu

4.2 Kierron suunnittelu

Kierron suunnittelu tehtiin työmaan yleisaikataulun pohjalle. Taulukkoon määritettiin kantavien seinien alla jäävät suojakaiteet mallinnettujen määrien mukaan. Kantavat seinät todennettiin Tekla Structures -mallissa klikkaamalla kantavien seinien layerit päälle ja pois, jolloin visuaalisesti nähtiin suojakaiteet, jotka jäivät alle. Suojakaiteiden määrät kantavien seinien alla laskettiin prosenttiosuutena kerroksen kaikkien suojakaiteiden suhteen. Hintavertailussa metallikaiteen ja puukaiteen osalla käytettiin laskettua prosenttiosuutta kantavien seinien alle jäävien suojakaiteiden kanssa. Tällöin saatiin yhtenevät laskelmat kaikkien vaihtoehtojen välillä (liite 3).

Kierron suunnittelu pohjautui työmaan yleisaikatauluun, jonka pohjalta määritettiin tarvepäivä ja vapautumispäivä. Taulukosta näkyi tarve ja kappalemäärät kerroksittain (kuva 28).

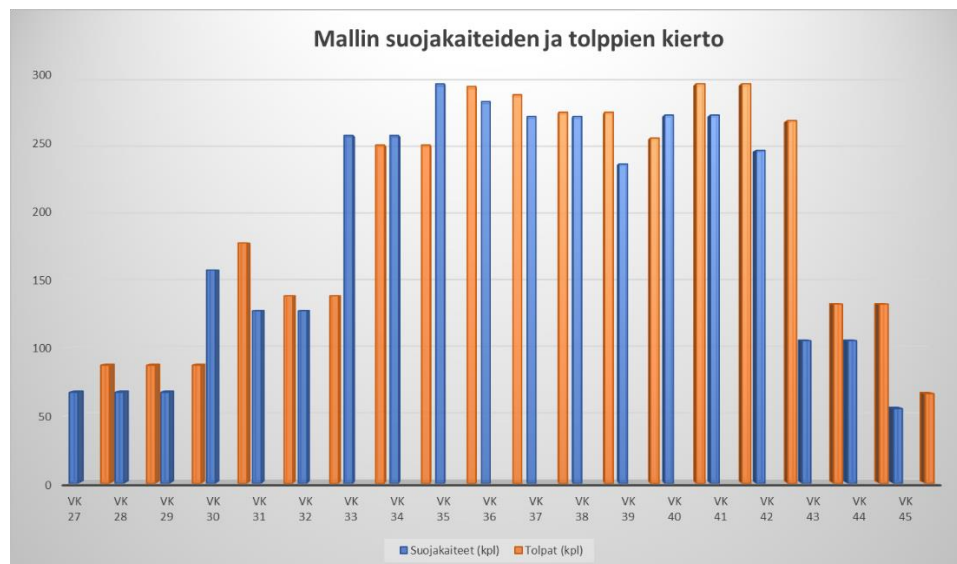
Mallin mukaisen suojarakenteiden kierron suunnittelu					
	Suojakaiteiden tarve (pv)	Kantavien seinien suojakaiteiden tiedot		Suojakaiteiden vapautuminen	Suojakaiteiden tarve (pv)
		vapautuminen	tarve (pv)		
2. kerros	3.7.2020	31.7.2020	28	31.8.2020	59
3. kerros	22.7.2020	14.8.2020	23	17.9.2020	57
4. kerros	11.8.2020	4.9.2020	24	7.10.2020	57
Taso 4-5.kerroksen välissä	11.8.2020			2.9.2020	22
Vesikatto 4. kerros	11.8.2020			30.10.2020	80
5. kerros	26.8.2020	11.9.2020	16	9.10.2020	44
6. kerros	10.9.2020			15.10.2020	35
7. kerros	21.9.2020			15.10.2020	24
Vesikatto	29.9.2020			6.11.2020	38

Kuva 28. Kierron suunnittelu

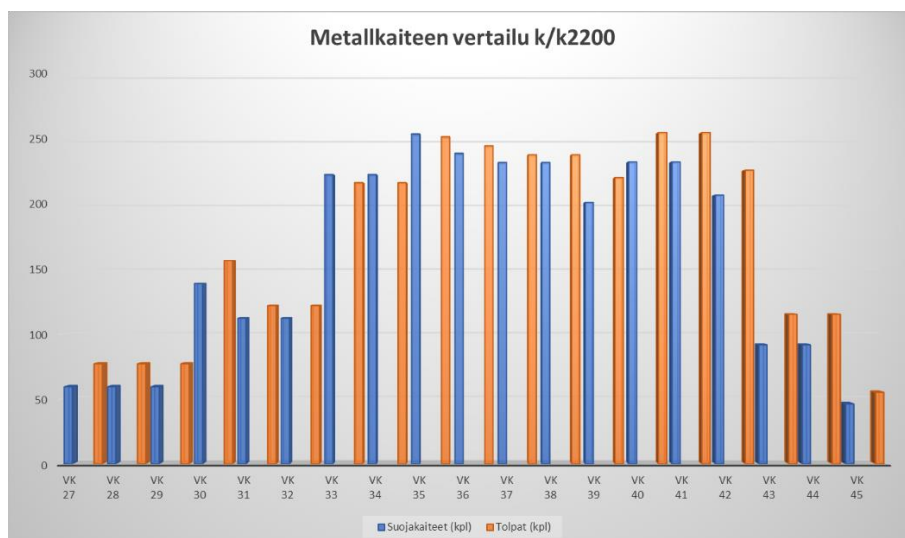
4.3 Kiertotaulukko

Kiertotaulukko pohjautui hintavertailun ja kierron suunnittelun dataan. Kiertotaulukosta löytyi viikkosarake pystylaskentarivinä, joka laski suojakaiteiden ja tolppien määrät viikoittain. Vaakalaskentarivi laski yhteen kokonaiskappalemäärät ja kertoi yhden vuorokauden vuokrahinnalla. Vuokrahinta haettiin hinnastotaulukosta. Kiertotaulukon alla oli toinen laskentataulukko, johon oli merkattu kantavien seinien alle jäävät suojakaide-elementit, tolpat ja niiden tarvepäivät. Kantavien seinien alta vapautuvat suojaravikkeet vähensivät seuraavan viikon tarvetta. Kiertotaulukosta pystyi näkemään suojakaide-elementtien käyttöpäivät ja kuinka monta suojakaidetta jäi kantavien seinien alle ja milloin vapautuvat käytettäväksi muihin kerroksiin (liite 4).

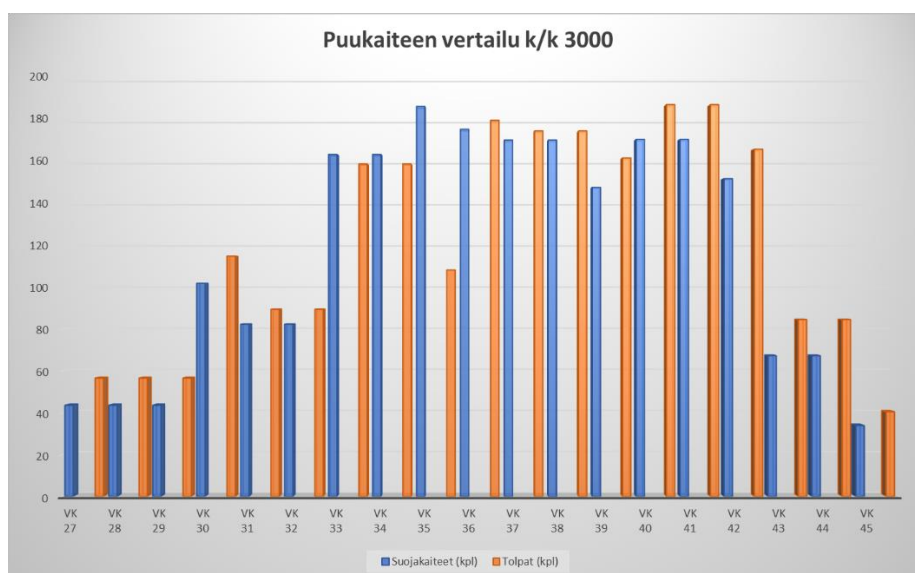
Kiertotaulukosta löytyi omat laskentataulukot mallin tiedoille sekä metalli- ja puukaiteen vertailulle. Taulukoista on tehty yhteenvetokuva, josta näkyvät kappalemäärät toteutuneina viikkoina. (kuva 29; 30; 31).



Kuva 29. Mallin kiertotaulukko



Kuva 30. Metallikaiteen kiertotaulukko



Kuva 31. Puukaiteen kiertotaulukko

5 Tulokset

Opinnäytetyössä mallinnettiin työturvallisuutta runkotyön aikana. Mallinnus tehtiin Tekla Structuresissa Kainuun uuden sairaalan IFC-mallin pohjalta, joka saatiin Skanska Talonrakennus Oy:ltä. Mallinnuksen suunnittelu aloitettiin tutustumalla rakentamisen turvallisuutta ohjaavaan lainsäädäntöön ja suunnitteluohjeisiin. Mallintamisen toteutus aloitettiin tutustumalla Tekla Structuresin ominaisuuksiin tuoda IFC-malli referenssiksi ja mallintamisen alkuasetuksiin, kuten grid ja työalueen raja. Alkuasetusten jälkeen ladattiin suojatarvikekomponentteja Tekla Warehousesta Tekla Structuresiin.

Mallinnus aloitettiin valitsemalla suojakaidekomponentti ja sijoittamalla se referenssinä toimivan IFC-mallin pohjalta oikeaan kohtaan. Suojakaidekomponentin sijoittamisen jälkeen valittiin työkaluvälikosta suojakaiteen tolppa ja sijoitettiin suojakaiteen viereen niin, että käsijohde meni tolpan sisään ja saatiin yhtenäinen suojakaide-elementti. Suojakaide-elementtejä kopioitiin ja siirreltiin Copy-, Move- ja Rotate-toiminnoilla. Suojakaiteet mallinnettiin kerros kerrallaan ja kerroksen valmistuttua kopioitiin seuraavaan kerrokseen. Kopioinnilla vähennettiin yksittäisten komponenttien mallintamista ja voitiin mallintaa kokonaisuuksia.

Mallinnuksen valmistuttua mallille suoritettiin tarkastus ja korjaus epä johdonmukaisuuksien löytämiseksi. Mallin korjaamisen jälkeen siirryttiin Organizer-ohjelmaan. Organizerissa tehtiin kerrosmäärittely ja alueen raja. Lohko 5:n kohdalle. Kerrosmäärittelyn jälkeen tarkistettiin suojatarvikkeiden sijoittuminen kerroksissa ja siirrettiin väärille kerroksille joutuneet suojatarvikkeet oikeaan kerrokseen. Suojatarvikkeiden tiedot ladattiin Object browserin kautta Exceliin. Suojatarvikkeista tehtiin IFC-malli IFC-export-toiminnolla ja luovutettiin toimeksiantajalle opinnäytetyön yhteydessä.

Excelissä suojatarvikkeille tehtiin omat välilehdet, joihin ladattiin kerroskohtaiset tiedot. Excelissä tehtiin myös välilehdet hintavertailulle, kierron suunnittelulle ja kiertotaulukolle. Hintavertailu -välilehdellä suoritettiin hintavertailua metallikaiteen ja puukaiteen välillä. Kierron suunnittelu välilehdelle kerättiin tietoa suojatarvikkeiden tarpeista eri rakennusvaiheiden aikana. Kierron suunnittelu pohjautui työmaan yleisaikatauluun. Kiertotaulukkoon tehtiin laskentataulukko eri suojakaiteille. Taulukosta saatiin tietoa suojakaiteiden ja tolppien kappalemäärästä viikoittain. Taulukon tuloksena saatiin kappalemäärä ja hintatietoa koko työmaa-ajalta viikoittain.

Hintavertailun pohjalta edullisimmaksi vaihtoehdoksi osoittautui metallikaide k/k2200-jaolla. Metallikaiteen ja puukaiteen vertailu on tehty jakamalla kokonaispituus suojakaiteen jaolla, joka todellisuudessa ei toteudu suojattavien aukkojen pituuksien vaihdellessa. Suojakaiteiden toteutuva kustannus on todennäköisesti vertailun tulosta suurempi.

6 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteet määrälaskennasta, hintavertailusta, kierrosta ja työturvallisuustuotteiden IFC-mallista toteutuivat. Mallinnettavien osien osalta valmiit komponentit löytyivät suojakaiteille ja tolpile. Aukkosuojauksen komponentit tein levytoiminnolla, jonka materiaalin määrittelin puuksi. Kantavien seinien valun aikaisille työtasoille ja nousuteille ei löytynyt valmiita komponentteja. Komponentteja voidaan tehdä myös itse, mutta opinnäytetyön aikataulu ei tätä mahdollistanut. Tekla Warehousesta löytyi valumuottikomponentit seinien valutöihin. Valumuotteihin oli mallinnettu työtasot ja suojakaiteet valmiiksi. Valumuottien mallintaminen olisi tuonut työtasojen työturvallisuusosuuksen opinnäytetyöhön, mutta tällöin opinnäytetyö olisi laajentunut myös valumuotteihin.

Opinnäytetyön aikana Trimblen ohjelmat Trimble Connect, Tekla Structures, Warehouse ja Organizer tulivat hyvin tutuiksi. Tekla Structuresin omasta Trimble Connector -pikakuvakkeesta pystyttiin lataamaan referenssi-IFC, mutta ladattuihin tiedostoihin se ei jostain syystä ilmestynyt. Connect web-version kautta referenssi-IFC:n lataaminen onnistui.

Tekla Warehousesta etsittiin turvallisuuskomponentteja käytettäväksi mallinnuksessa ja ladattiin suoraan Teklaan. Referenssinä toimivan IFC-mallin gridit näkyivät näytöllä, mutta gridien pohjalta ei voinut luoda näkymiä. Alkuperäisten gridien lataaminen olisi vaatinut käyttöoikeudet natiivimalliin. Käyttöoikeuksien saaminen olisi voinut kestää, joten muokkasin gridit vastaamaan alkuperäisiä gridejä. Gridien mitat selvitin mittatyökalulla mittaamalla.

Näkymäalueen rajauksena yritettiin käyttää ”Selection Filteriä”, joka olisi rajannut lohko 5:n, mutta kun IFC-malli toimi referenssinä, ei ”Selection Filteriä” voinut käyttää. Työalueen rajaaminen suoritettiin määrittämällä työalue kahden pisteen avulla, millä päästiin haluttuun lopputulokseen.

Mallintaminen onnistui Teklan ohjeiden mukaan. Suojakaiteita kopioitiin, siirreltiin ja käännettiin. Mallinnuksen haastavin osio oli tekemisen hitaus. Referenssinä toiminut IFC-malli oli iso ja vaati tietokoneelta paljon tehoa. Opinnäytetyön aikana jouduin päivittämään hankittuun tietokoneeseen näytönohjaimen ja lisää keskusmuistia. Tietokoneen päivitys nopeutti mallintamista, mutta kopioitaessa suuria kokonaisuuksia kerrosten välillä kului aikaa 10–15 min. Tehokkaammalla koneella mallintaminen olisi ollut jouhevampaa.

Mallinnuksen jälkeen malli synkronoitiin Organizerin kanssa. Organizerista mallin data ladattiin Exceliin, jossa suoritettiin määrä-, kierto- ja hintavertailua. Excelin sisällölle ei ollut tarkkaa mallia, jonka pohjalta dataa keräisin. Alussa Exceliin kertyi sellaista tietoa, jonka lopullisesta versiosta rajasin pois, koska liika tieto teki Excelistä hankalan luettavan.

Viimeinen tehtävä opinnäytetyössä mallinnuksen osalta oli IFC-mallin tekeminen suojatarvikkeista. IFC-mallin teko oli helppoa Teklan ohjeilla ja lopputuloksena oli suojarakenteiden IFC-malli.

Opinnäytetyö sisälsi haasteita ohjelman osalta, kuten esimerkiksi IFC-mallin lataaminen, gridit, näkymän rajaaminen ja mallintamisen hitaus. Näiden haasteiden kanssa meni aikaa, mutta ne olivat samalla opettavaisia hetkiä, kun etsi toista toimintatapaa. Mallintamisen hitaus antoi mahdollisuuden raporttiosuuden aloittamiseen, joten mallinnushukka-aika tuli käytettyä tehokkaasti opinnäytetyöhön.

Opinnäytetyön tulos voidaan ottaa käyttöön suojarakenteiden suunnittelussa Kainuun uuden sairaalan lohko 5:n runkotyön aikana. Runkotyön jälkeen pystytään vertailemaan toteutuneita määriä ja hintaa opinnäytetyöstä saatuun dataan. Lohko 5:n kokemuksen pohjalta voidaan tehdä päätelmiä suojarakenteiden mallintamisen mahdollisista hyödyistä Skanskan Oulun Yliopistollisen sairaalan uusimisen yhteydessä.

Lähteet

- [1]. Rakennustieto. Rakennustöiden putoamissuojaussuunnitelma. RT-kortisto. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20S-1223>> Viitattu 21.2.2020
- [2]. Työturvallisuuskeskus. Turvallisesti raksalla. <https://ttk.fi/files/4658/Turvallisesti_raksalla.pdf> Viitattu 15.3.2020
- [3.]. Hietavirta Jukka, Niskanen Toivo, Patrikainen Harri & Päivärinta Keijo. Rakennustöiden turvallisuusmääräykset selityksineen 2009. Helsinki: Multiprint Oy; 2009. Viitattu 15.3.2020
- [4.]. Kuva 1. Työturvallisuuskeskus. Turvallisesti raksalla. Putoamissuojaus. <https://ttk.fi/files/4658/Turvallisesti_raksalla.pdf> Viitattu 15.3.2020
- [5.]. Rakennustieto. Hissityön ja siihen liittyvän rakennustyön turvallisuus. RT-kortisto. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11044>> Viitattu 4.3.2020
- [6.]. Kuva 2. Rakennustieto. Hissityön ja siihen liittyvän rakennustyön turvallisuus. Aukkosuojaus. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11044>> Viitattu 4.3.2020
- [7.]. Kuva 3. Skanskakonevuokraus. Porrastornikokonaisuus. <<https://skanskakonevuokraus.fi/tuote-osasto/telinekalusto/nousuportaat-ja-tikkaat/>> Viitattu 15.3.2020
- [8.]. Ramirent. Ramirent-suunnittelupalvelu. <<https://www.ramirent.fi/tutustu-palveluihimme/suunnittelu>> Viitattu 15.3.2020
- [9.]. Compisafe. Honeywell Compisafe-suunnittelupalvelu. <<https://www.compisafe.com/EN/services/3d-modelling>> Viitattu 17.3.2020
- [10.]. Trimble Solutions Corporation. Tekla Structures. <<https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>> Viitattu 17.3.2020
- [11.]. buildingSMART. IFC. <<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc>> Viitattu 17.3.2020
- [12.]. Trimble Solutions Corporation. Reference models and compatible formats. <https://teklastructures.support.tekla.com/2019/en/int_reference_models> Viitattu 17.3.2020

- [13.]. Trimble Solutions Corporation. Insert a reference model. <https://teklastructures.support.tekla.com/2019/en/int_inserting_a_reference_model> Viitattu 17.3.2020
- [14.]. Trimble Solutions Corporation. Grid. <https://teklastructures.support.tekla.com/not-version-specific/en/glo_ID144> Viitattu 17.3.2020
- [15.]. Trimble Solutions Corporation. Work area. <https://teklastructures.support.tekla.com/not-version-specific/en/glo_id142> Viitattu 17.3.2020
- [16.]. Trimble Solutions Corporation. Tekla Warehouse. <https://teklastructures.support.tekla.com/2019/en/int_tekla_warehouse> Viitattu 17.3.2020
- [17.]. Trimble Solutions Corporation. Basic working methods. <https://teklastructures.support.tekla.com/2019/en/mod_get_started_with_modeling> Viitattu 17.3.2020
- [18.]. Trimble Solutions Corporation. Organizer. <https://teklastructures.support.tekla.com/2019/en/mod_organizer> Viitattu 17.3.2020

Liitteet

Liite 1 Organizerin tiedot kerroksittain

Liite 2 Hintavertailu

Liite 3 Kierron suunnittelu

Liite 4 Kiertotaulukko

	Height / m	Length / m	Width / m	Volume / m ³	Weight / t	Phase	Section	Floor
	950	1 350	10	0	0,007	1	Section	Kerros 1
Name : Reikä suoja	1	1 350		0	0,007		Section	Kerros 1
Total								
		1 350		0	0,007			
All objects in the table:								
	1							

	Length / mm	Section	Floor
Name : MODDEX	22	9 487	Section Kerros 2
Name : MODDEX CB PANEL	67	130 585	Section Kerros 2
Name : MODDEX CB20Y.T207	19	23 568	Section Kerros 2
Name : MODDEX CB20Y.T207.30	37	45 895	Section Kerros 2
Name : MODDEX CB20Y.T230	31	38 532	Section Kerros 2
Name : MODDEX CB45Y.T206.30	1	1 240	Section Kerros 2
Name : Reikä suoja	11	10 971	Section Kerros 2
Total			
	260 168		
All objects in the table:			
	188		

	Length / mm	Section	Floor
Name : MODDEX	28	12 138	Section Kerros 3
Name : MODDEX CB PANEL	90	174 912	Section Kerros 3
Name : MODDEX CB20Y.T207	37	45 975	Section Kerros 3
Name : MODDEX CB20Y.T230	53	65 821	Section Kerros 3
Name : Reikä suoja	10	11 440	Section Kerros 3
Total			
	310 286		
All objects in the table:			
	218		

		Length / mm	Section	Floor
Name : MODDEX	16	6 936	Section	Kerros 4
Name : MODDEX CB PANEL	77	148 958	Section	Kerros 4
Name : MODDEX CB20Y.T206	1	1 240	Section	Kerros 4
Name : MODDEX CB20Y.T207	35	43 244	Section	Kerros 4
Name : MODDEX CB20Y.T230	58	71 518		
Name : Reikä suoja	7	19 625		
Total				
		291 522		
All objects in the table:				
	194			

		Length / mm	Section	Floor
Name : MODDEX	7	2 705	Section	Taso 4 -5 kerroksen välissä
Name : MODDEX CB PANEL	19	32 791	Section	Taso 4 -5 kerroksen välissä
Name : MODDEX CB20Y.T207	14	17 366	Section	Taso 4 -5 kerroksen välissä
Name : MODDEX CB20Y.T230	12	14 885	Section	Taso 4 -5 kerroksen välissä
Name : MODDEX LOGO	3	311	Section	Taso 4 -5 kerroksen välissä
Total				
		68 057		
All objects in the table:				
	55			

		Length / mm	Section	Floor
Name : MODDEX	9	3 902	Section	Vesikatto 4 kerros
Name : MODDEX CB PANEL	50	100 190	Section	Vesikatto 4 kerros
Name : MODDEX CB20Y.T207	33	40 917	Section	Vesikatto 4 kerros
Name : MODDEX CB20Y.T230	33	40 933	Section	Vesikatto 4 kerros
Name : Suoja levy	1	1 000	Section	Vesikatto 4 kerros
Total				
		186 942		
All objects in the table:				
	124			

		Length / mm	Section	Floor
Name : MODDEX	9	3 902	Section	Kerros 5
Name : MODDEX CB PANEL	38	68 681	Section	Kerros 5
Name : MODDEX CB20Y.T206	1	1 240	Section	Kerros 5
Name : MODDEX CB20Y.T207	42	52 097	Section	Kerros 5
Name : MODDEX CB20Y.T230	36	44 654	Section	Kerros 5
Name : Reikä suoja	3	7 500	Section	Kerros 5
Name : Reikä suoja	1	1 500	Section	Kerros 5
Total				
		179 574		
All objects in the table:				
	103			

		Length / mm	Phase	Section	Floor
Name : MODDEX	10	4 335		Section	Kerros 6
Name : MODDEX CB PANEL	38	68 696		Section	Kerros 6
Name : MODDEX CB20Y.T207	28	34 731		Section	Kerros 6
Name : MODDEX CB20Y.T230	23	28 529		Section	Kerros 6
Name : Reikä suoja	2	2			
Total					
		143 851			
All objects in the table:					
	101				

		Length / mm	Phase	Section	Floor
Name : MODDEX	10	4 335		Section	Kerros 7
Name : MODDEX CB PANEL	38	68 696		Section	Kerros 7
Name : MODDEX CB20Y.T207	30	37 212		Section	Kerros 7
Name : MODDEX CB20Y.T230	24	29 770		Section	Kerros 7
Name : Reikä suoja	3	11 920			
Name : Reikä suoja	2	2 332			
Total					
		154 265			
All objects in the table:					
	107				

		Length / mm		Section	Floor
Name : MODDEX	5	2 168		Section	Vesikatto
Name : MODDEX CB PANEL	36	68 725		Section	Vesikatto
Name : MODDEX CB20Y.T207	7	8 683		Section	Vesikatto
Name : MODDEX CB20Y.T230	33	40 933		Section	Vesikatto
Total					
		121 410			
All objects in the table:					
	81				

Työmaa aika 133 vrk								
Mallin tiedot								
	Suojakaiteiden kokonaispituus (m)	Suojakaide (kpl)	Kaidetolppa (kpl)	Työpanos suojakaide (tth)	Työn hinta (€)			
2 kerros	131	67	87	29	488,39			
3 kerros	175	90	90	38	654,17			
4 kerros	149	77	36	33	557,10			
Taso 4-5 kerroksen välissä	33	19	26	7	122,64			
Vesikatto 4 kerros	100	50	66	22	374,71			
5 kerros	69	38	43	15	256,87			
6 kerros	69	38	51	15	256,92			
7 kerros	69	38	54	15	256,92			
Vesikatto	69	36	40	15	257,03			
Yhteensä	862	453	493	190	3 224,76 €			
Materiaali hinta:	18 171,01 €	Työn hinta:	6 449,51 €	Yhteensä:	24 620,52 €			
					30 529,44 €			
Hinta vertailu metallikaide k/k 2200								
	Suojakaide (kpl)	Kaidetolppa (kpl)	Työpanos suojakaide metalli (tth)	Työn hinta (€)	Suojakaide kantavat seinät (kpl)	Kaidetolppa kantavat seinät (kpl)		
2 kerros	59	77	29	488,39 €	27	35		
3 kerros	80	80	38	654,17 €	17	17		
4 kerros	68	32	33	557,10 €	15	7		
Taso 4-5 kerroksen välissä	15	20	7	122,64 €	4	6		
Vesikatto 4 kerros	46	60	22	374,71 €	17	23		
5 kerros	31	35	15	256,87 €	6	6		
6 kerros	31	42	15	256,92 €	7	9		
7 kerros	31	44	15	256,92 €	5	8		
Vesikatto	31	35	15	257,03 €	0	0		
Yhteensä:	392	425	190	3 224,76 €	99	111		
Materiaali hinta:	15 743,2 €	Työn hinta:	6 449,51 €	Yhteensä:	22 192,75 €	alv 0%		
					27 519,01 €	alv 24%		
Hinta vertailu puukaide k/k 3000								
	Suojakaide (kpl)	Kaidetolppa (kpl)	Työpanos suojakaide puu (tth)	Työn hinta (€)	Kaidepuu 50*100mm C24	Jalkalista 22*150mm	Suojakaide kantavat seinät (kpl)	Kaidetolppa kantavat seinät (kpl)
2 kerros	44	57	68	1 154,37 €	433,54 €	124,06 €	20	25
3 kerros	58	58	91	1 546,22 €	580,71 €	166,17 €	13	13
4 kerros	50	23	77	1 316,79 €	494,54 €	141,51 €	11	5
Taso 4-5 kerroksen välissä	11	15	17	289,87 €	108,87 €	31,15 €	3	4
Vesikatto 4 kerros	33	44	52	885,68 €	332,63 €	95,18 €	10	13
5 kerros	23	26	36	607,14 €	228,02 €	65,25 €	4	5
6 kerros	23	31	36	607,27 €	228,07 €	65,26 €	5	7
7 kerros	23	33	36	607,27 €	228,07 €	65,26 €	4	6
Vesikatto	23	25	36	607,53 €	228,17 €	65,29 €	0	0
Yhteensä:	287	312	448	7 622,15 €	2 862,62 €	819,12 €	69	78
					Puumateriaali yhteensä:	3 681,74 €		
Materiaali hinta:	8 190,63 €	Työn hinta:	15 244,30 €	Yhteensä:	27 116,66 €	alv 0%		
					33 624,66 €	alv 24%		
Hinnasto (alv 0%)				Hintalähde				
Kaidetolppa	0,32 €	€ / kpl / päivä	Vuokra 7 vrk/ vk	Skanska konevuokraus				
Kaide puu 49x98mm	1,66 €	€ / m		Taloon.com				
Jalkalista 22x150	0,95 €	€ / m		Taloon.com				
Puumateriaali	4,27 €	€ / m		Sisältää kaide puun ja jalkalistan				
Suojakaide 1200mm*1000mm	0,40 €	€ / kpl / päivä	Vuokra 7 vrk/ vk	Skanska konevuokraus				
Suojakaide 2400mm*1000mm	0,40 €	€ / kpl / päivä	Vuokra 7 vrk/ vk	Skanska konevuokraus				
Työpanos tth/jm	0,22	Metalliaita		Rakennustöiden menekit 2020				
Työpanos tth/jm	0,52	Puuaita		(HAN341) työmaa-aita				
Työtunti	17,00 €	€ / h		Työtunti hinta				
Reikäsuojaus	0,12	tth/m2		Rakennustöiden menekit 2020 (74)				
Nousutiet	12,19 €	€ / kpl / päivä	Vuokra 7 vrk/ vk	Skanska konevuokraus				
Valutyo tyotaso	0,32	€ / kpl / päivä	(1,8m)	Skanska konevuokraus				
	0,178	€ / m	Vuokra 7 vrk/ vk					

Mallin mukaisen suojarakenteiden kierron suunnittelu						
	Suojakalvaiden laatu (g/y)	Kantavien seinien suojarakenteiden tiedot vapautuminen	laatu (g/y)	Suojakalvaiden vapautuminen	Suojakalvaiden laatu (g/y)	
2. kierros	3.7.2020	31.7.2020	28	31.8.2020	50	
3. kierros	22.7.2020	14.8.2020	23	17.9.2020	57	
4. kierros	11.8.2020	4.9.2020	24	7.10.2020	57	
Taso 4-5, kerroksen välillä	11.8.2020			2.9.2020	22	
Vesikaivo 4. kerros	11.8.2020			30.10.2020	80	
5. kierros	26.8.2020	11.9.2020	16	9.10.2020	44	
6. kierros	10.9.2020			15.10.2020	35	
7. kierros	21.9.2020			15.10.2020	24	
Vesikaivo	23.9.2020			6.11.2020	36	
Mallin suoja-aidat laskenta						
	Suojakalvot (kg)	Kaidetoippat (kg)	Suojakalvaiden kokonais-pinta-ala (m²)	Kantavat seinät suojarakenteiden (m)	Suojakalvot kantavat seinät (kg)	Kaidetoippat kantavat seinät (kg)
2. kierros	67	87	131	63	30	39
3. kierros	90	90	125	30	17	17
4. kierros	77	36	149	25	13	6
Taso 4-5, kerroksen välillä	19	26	33	10	6	8
Vesikaivo 4. kerros	50	66	100	28	12	36
5. kierros	36	43	69	13	9	19
6. kierros	38	51	69	15	10	13
7. kierros	38	54	69	11	8	11
Vesikaivo	36	40	69	0	0	0
Nousuteiden tiedot						
	Nousuteiden laatu g/ai	Nousuteiden vapautuminen	Nousuteiden laatu (g/y)	Nousuteet kg	Nousuteet (€)	
2. kierros	3.7.2020	15.7.2020	12	3	438,84 €	
3. kierros	22.7.2020	10.8.2020	19	3	894,83 €	
4. kierros	11.8.2020	25.8.2020	14	3	511,58 €	
Taso 4-5, kerroksen välillä	11.8.2020	6.11.2020	87	3	1060,53 €	
Vesikaivo 4. kerros	11.8.2020	25.8.2020	14	0	0,00 €	
5. kierros	26.8.2020	10.9.2020	15	3	548,25 €	
6. kierros	10.9.2020	15.9.2020	5	3	192,45 €	
7. kierros	21.9.2020	23.9.2020	2	3	73,14 €	
Vesikaivo	23.9.2020	2.10.2020	3	0	0,00 €	
Yhteensä:			171		3510,72 €	
Valettavien seinien telineet						
	Telineiden laatu g/ai	Telineiden vapautuminen	Telineiden laatu (g/y)			
1. kierros	12.6.2020	15.7.2020	33			
2. kierros	15.7.2020	10.8.2020	26			
3. kierros	1.8.2020	26.8.2020	23			
4. kierros	14.8.2020	10.9.2020	23			
Taso 4-5, kerroksen välillä						
Vesikaivo 4. kerros						
5. kierros	9.9.2020	15.9.2020	6			
6. kierros	16.9.2020	23.9.2020	7			
7. kierros	24.9.2020	2.10.2020	8			
Vesikaivo						
Yhteensä:			126			
Paikalla valettavat kantavat seinät metalliaidalla k/k 2200						
Hinta vertailu	Kantavat paikalla valettavat seinät (m)	Suojakalvot (kg)	Kaidetoippat (kg)	Työpanos suojarakenteiden (h)	Työn hinta (€)	Kalkkuna (€)
1. kierros	344	66	85	32	1107,610 €	845,56 €
2. kierros	332	60	78	29	983,35 €	808,73 €
3. kierros	92	42	54	20	686,63 €	375,83 €
4. kierros	77	35	45	17	525,29 €	314,67 €
Taso 4-5, kerroksen välillä	30	4	6	2	73,34 €	0,00 €
Vesikaivo 4. kerros	28	13	16	6	207,44 €	0,00 €
5. kierros	67	31	40	15	303,07 €	73,40 €
6. kierros	38	17	22	8	262,58 €	47,07 €
7. kierros	34	15	20	7	253,80 €	48,28 €
Vesikaivo	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
Yhteensä:	621	282	366	117	4643,82 €	2133,34 €

