

Kalle Heikkinen

**JULKISIVUELEMENTTIEN AUKOTUSKOMPONENTTI TEKLA
STRUCTURESIIIN**

JULKISIVUELEMENTTIEN AUKOTUSKOMPONENTTI TEKLA STRUCTURESIIIN

Kalle Heikkinen
Opinnäytetyö
Syksy 2016
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, Rakennesuunnittelu

Tekijä(t): Kalle Heikkinen

Opinnäytetyön nimi: Julkisivuelementtien aukotuskomponentti Tekla Structu-
resiin

Työn ohjaaja(t): Ari Oikarinen, Jakke Karjalainen (Insinööritoimisto Mäkeläinen
Oy)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2016

Sivumäärä: 58

Suuri osa asuinkerrostalojen julkisivuelementtien ikkuna- ja oviaukoista on reu-
namuodoiltaan samankaltaisia. Tekla Structures sisältää julkisivuelementtien
aukotukseen tarkoitetun Sandwich wall window –komponentin, jonka käyttöliit-
tymä on perustapauksiin liian vaikeakäyttöinen ja hidas.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Tekla Structuresiin aukotuskom-
ponentti, joka nopeuttaa aukotusta, lisää työn mielekkyyttä ja toimii käyttöliit-
tymän kautta parametrisesti. Komponentin käyttöliittymässä tuli olla mahdollisuus
säätää pielimuotoja sekä lisätä betonivahvenne sisäkuoreen aukon ympäri. Li-
säksi komponentilla tuli voida säätää ylä- ja alakarmipuu eri levyisiksi kuin pys-
tykarmipuut. Työn tilaajana toimi Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy.

Komponentti tuotettiin kokonaan Tekla Structures –ohjelman sisällä. Ensin luo-
ttiin komponentti Custom Component Wizardilla, minkä jälkeen siihen lisättiin toi-
minnollisuus ja äly Custom component editorissa. Toiminnollisuus ja äly kompo-
nenttiin saatiin lisättyä määrittämällä mittamuuttujia sekä parametrisia muuttujia.
Komponentin objektit saatiin totelemaan muuttujia Custom component editorin
komponenttipuussa. Komponentin kehittämisen jälkeen sen käyttöliittymä muo-
kattiin selkeäksi ja nopeaksi käyttää Custom Component Dialog Editorissa.

Lopputuloksena syntyi kaksi toimivaa komponenttia Insinööritoimisto Mäkeläi-
nen Oy:n käyttöön. Ensimmäinen komponentti on tarkoitettu julkisivuelement-
tien ikkuna-aukotukseen. Tällä komponentilla ei voida tehdä oviaukkoa ikkunan
viereen. Toinen komponentti on tarkoitettu parvekkeiden taustaseinäelement-
tien aukotukseen. Tällä komponentilla voidaan luoda ikkunan viereen oviaukko
ja määrittää, kummalla puolella ikkunaa ovi sijaitsee.

Asiasanat: Tekla Structures (TS), custom-komponentti, julkisivuelementti

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, Structural Engineering

Author(s): Kalle Heikkinen

Title of thesis: Creating Custom Component for Window and Door Openings in Tekla Structures

Supervisor(s): Ari Oikarinen, Jakke Karjalainen (Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy)

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2016 Pages: 58

The major part of apartment buildings facade elements has very similar edge shapes in window and door openings. Tekla Structures includes a component called Sandwich Wall Window which creates openings for doors and windows. This component is too difficult and slow to use in basic situations.

The goal of this thesis was to create a custom component which not only makes creating the openings faster but also more conveniently. The user is also able to adjust the openings parametrically through the user interface. Through the user interface it should be able to adjust edge shapes and add a concrete enhancer which surrounds the whole opening. The user should also be able to change the width of the vertical frame to a different measure than the horizontal frame. This thesis was made for engineering company Insinööritoimisto Mäkeläinen Ltd.

The custom component was made completely in the Tekla Structures. First of all the component was created in the Custom Component Wizard and afterwards the functionality and intelligence were added to the component in the Custom component editor. Functionality and intelligence were added by making distance and parametric variables. The objects of the component picked up values from the variables after defining formulas in the Custom component browser. After developing the custom component, the user interface was made in the Custom Component Dialog Editor.

As result there were two working custom components for Insinööritoimisto Mäkeläinen Ltd. The first component is meant for making window openings for facade elements. This component does not make door openings next to a window. The second component is meant to be used in balcony background walls. This component creates openings for the door next to a window and the user is able to decide in which side of the window the door is located.

Keywords: Tekla Structures (TS), custom component, facade element

ALKULAUSE

Haluan kiittää Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy:n tietomallinnuspäällikkö Jakke Karjalaista haastavasta ja kiinnostavasta opinnäytetyön aiheesta sekä ohjauksesta ja avusta opinnäytetyön eri vaiheissa.

Kajaanissa 13.9.2016

Kalle Heikkinen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	7
2 TEKLA STRUCTURES	8
2.1 Tekla Structuresin ohjelmistokokoonpanot	9
2.2 Custom-komponentit ja custom-komponentin luominen	11
3 JULKISIVUELEMENTIT	15
3.1 Julkisivuelementtien suunnittelu	15
3.1.1 Kuormitukset, rasitukset ja muodonmuutokset	15
3.1.2 Julkisivuelementeissä käytettävä betoni	18
3.1.3 Lämmöneristeet	19
3.1.4 Julkisivuelementtien aukotus	20
3.2 Aukkojen pielet ja liitokset	21
3.2.1 Aukkojen pielen suunnittelu	21
3.2.2 Liitosdetaljit	22
4 JULKISIVUELEMENTTIEN AUKOTUSKOMPONENTIN LUOMINEN	28
4.1 Alueen rajaus ja suunnittelu	28
4.2 Julkisivuelementtien ikkuna-aukkokomponentti	29
4.2.1 Komponentin luominen	35
4.2.2 Toiminnollisuuden ja älyn lisääminen komponenttiin	39
4.3 Parvekkeen taustaseinäelementtien aukotuskomponentti	47
4.4 Komponentin koekäyttö	51
5 YHTEENVETO	55
LÄHTEET	57

1 JOHDANTO

Suuri osa asuinkerrostalojen julkisivuelementtien ikkuna-aukoista on reunamuodoiltaan hyvin samankaltaisia. Tekla Structures –ohjelma sisältää elementtien aukotukseen tarkoitetun Sandwich wall window –komponentin. Kyseisen komponentin käyttöliittymä on perustapauksiin liian vaikeakäyttöinen ja työläs. Aukotuskomponenttia tarvitaan jatkuvasti erilaisten elementtien ovi- ja ikkuna-aukojen tekemiseen, joten työmäärää lisäävän komponentin käyttö ei ole järkevää. Tekla ei ole myöskään kehittänyt minkäänlaista komponenttia parvekkeiden taustaseinäelementtien aukotukseen, jossa ikkunan vieressä on oviaukko.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda helposti käytettävä ja muokattava komponentti sisäkuori-, sandwich- ja rapattujen elementtien aukotukseen. Työn tilaajana toimiva Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy on jo kehittänyt komponentin kyseiseen tarkoitukseen. Kyseisessä kehitysversiossa ei pysty säätämään ylä-, ala- eikä sivupieliä muotoa käyttöliittymän kautta vaan muutokset on tehtävä komponentin sisällä parametreja muuttamalla.

Ikkunakomponentti on tarkoitus tuottaa Tekla Structuresin Custom component editorin kautta tyhjältä pöydältä. Työkalun tulisi tehdä halutunlainen ikkuna-aukko ja lisäksi komponentilla tulisi pystyä lisäämään oviaukko ikkuna-aukon viereen. Uudessa kehitysversiossa on tarkoitus mahdollistaa ylä-, ala- ja sivupieliä muotojen säätäminen käyttöliittymän kautta. Lisäksi on tarkoitus mahdollistaa betonivahventeen lisääminen sisäkuoreen aukon ympäri sekä ylä- ja alapuun leveyden säätö erikokoiseksi kuin pystypuut.

2 TEKLA STRUCTURES

Tekla Oyj, nykyisin Trimble Solutions Corporation, on perustettu vuonna 1966 ja se oli alunperin nimeltään Teknillinen Laskenta Oy. Vuonna 1968 Teklan ohjelmistokehityksen painopiste siirtyi rakennesuunnitteluun, maanrakennukseen ja tiesuunnitteluun. Vuonna 2011 Teklasta tuli osa Trimble-konsernia ja se tekee nykyään yhteistyötä Trimble Buildings- ja Trimble Infrastructure –yksiköiden kanssa. (1.)

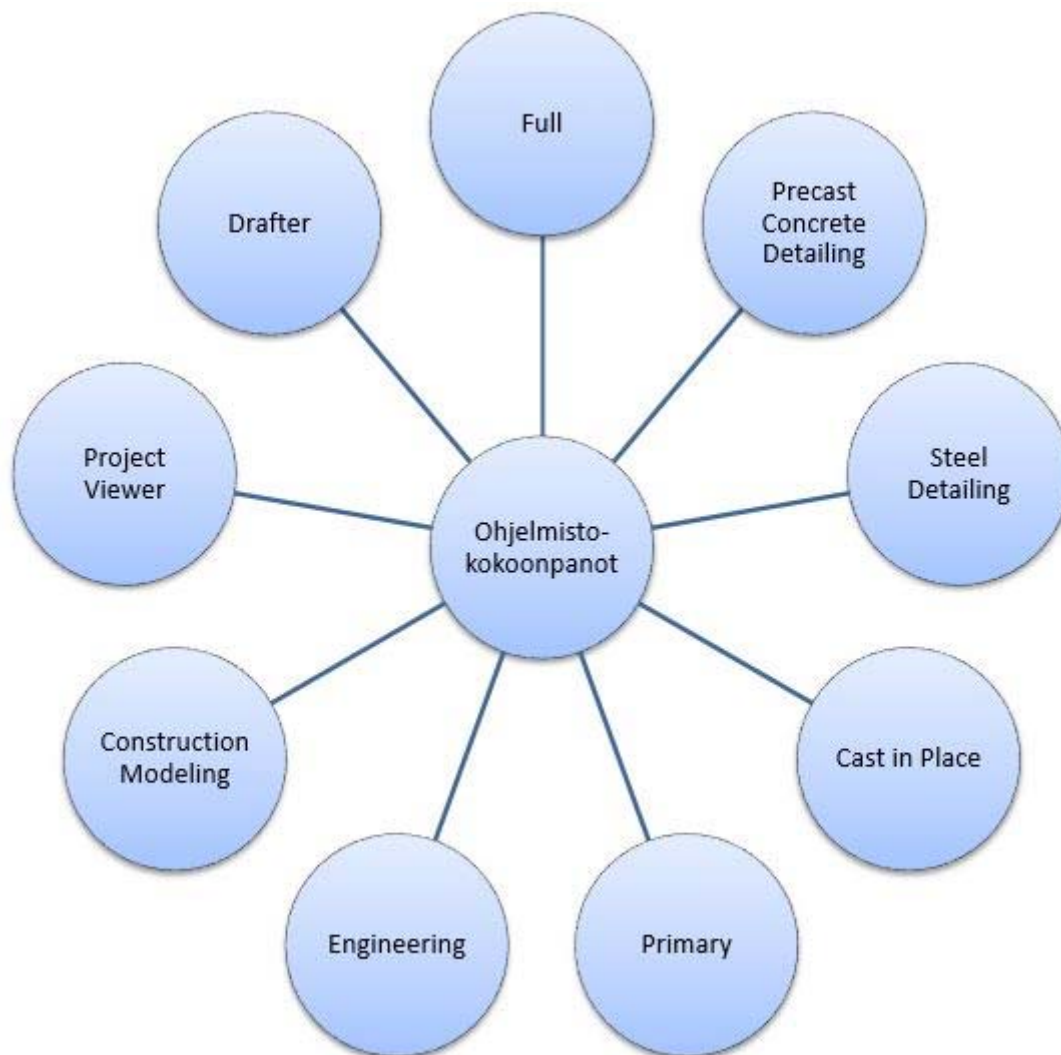
Tekla Structuresilla luodut mallit ovat riittävän tarkkoja, yksityiskohtaisia ja luotettavia, jotta rakentamisen tietomallinnus ja itse hankkeen toteutus onnistuu. Ohjelmalla onnistuu kaikkien materiaalien ja monimutkaisten rakenteiden mallintaminen sekä useiden eri materiaalien sisällytys samaan malliin. Tekla Structuresin hyötyihin kuuluu myös eri ohjelmistojen yhdistäminen ohjelmaan. Tämän tekee mahdolliseksi Tekla Open API –ohjelmointirajapinta, mutta ohjelma toimii laskentaohjelmien kanssa myös tiedostopohjaisesti. Laskentaohjelmistoihin liittymällä voidaan koordinoida ja visualisoida malli, piirustukset ja raportit sekä hoitaa muutosten hallinta tehokkaasti. (2.)

Tekla Structures voidaan yhdistää tuotannon- ja resurssisuunnittelujärjestelmiin ja koneiden ohjausjärjestelmiin. Näitä järjestelmiä käyttää teräsrakenteiden, betonielementtien ja raudoitusten valmistajat. Manuaalista työtä voidaan vähentää ja minimoida virheet, kun tuotantotiedot siirretään automaattisesti Tekla-mallista edellä mainittuihin järjestelmiin. Tekla-mallia voi käyttää myös määrälaskentaan ja mallista saadaan haettua piirustukset, jotka päivittyvät mallin mukana. (2.)

Tiedonkulku Tekla Structuresin avulla on tehokasta, sillä rakennushankkeen eri osapuolet voivat jakaa ja koordinoida projektitietoja tietomallissa. Avoimen BIM-lähestymistavan ja IFC-yhteentoimivuuden ansiosta ohjelmiston voi liittää tärkeimpiin rakennusalan, talotekniikan ja laitossuunnittelun ohjelmistoratkaisuihin. (2.)

2.1 Tekla Structuresin ohjelmistokokoonpanot

Tekla Structuresista on saatavissa 9 erilaista ohjelmistokokoonpanoa, jotka on suunniteltu rakentamisen eri toimialojen tarpeiden mukaan (3). Kuvassa 1 on Tekla Structuresin eri ohjelmistokokoonpanot.



KUVA 1. Teklan ohjelmistokokoonpanot

Tekla Structures on täydellinen ohjelmisto rakennesuunnitteluun ja rakentamisen hallintaan. Tekla Structuresilla luodut 3D-mallit teräs- ja betonirakenteista ovat yksityiskohtaisia. Mallista voi myös tuottaa ja seurata tietoja rakennushankkeen luonnosvaiheesta valmistus-, pystytys- ja työmaanohjausvaiheisiin. Alla olevassa luettelossa on esitelty Tekla Structuresin kaikki ominaisuudet osa-alueittain. (4.)

Tekla Structuresin täysversio sisältää seuraavat mallinnustoiminnallisuudet:

- Tekla-mallien tarkastelu
- moduuliverkkojen luonti ja muokkaus
- osien ja pulttien mallinnus kaikista rakennusmateriaaleista
- hitsaussaumojen luonti
- kuormien lisääminen malliin
- raudoitusten mallinnus
- teräsosien kokoonpanojen luonti
- elementtien luonti betoniosista
- kokoonpanohierarkian tasojen luonti
- teräs- ja betoniliitosten luonti
- automaattisesti esimääritettyjen liitosten luonti useille osille
- automaattinen osien numerointi.

Tekla Structuresin täysversio sisältää seuraavat workflow-työkalut:

- mallin aikataulutus
- yksittäisen rakennusosan statustiedon hallinta
- mallin jäsentely ja luokittelu
- törmäysten hallinta
- asennusjärjestysten määrittäminen
- 4D-mallin tarkastelu ts. simuloitu aikataulu
- aikataulujen määrittäminen ja hallinta
- aikataulutettujen tehtävien liittäminen mallin kohteisiin.

Tekla Structuresin täysversio sisältää seuraavat ominaisuudet piirustuksiin ja raporteihin liittyen:

- paikallavaluraudoitteiden piirustusten luonti taivutusluetteloineen
- raporttien ja piirustusten nimiöiden räätälöinti omiin tarpeisiin sopiviksi
- taso-, osa- ja asennuspiirustusten luonti
- yksittäisen teräsosan ja -kokoonpanon piirustusten luonti
- betonielementtipiirustusten luonti

- raporttien ja piirustusten tulostus
- raporttien luonti kuten kokoonpanoluettelot ja osaluettelot
- raudoitusraporttien luonti, jotka sisältävät taivutuskaaviot, painot ja määrät.

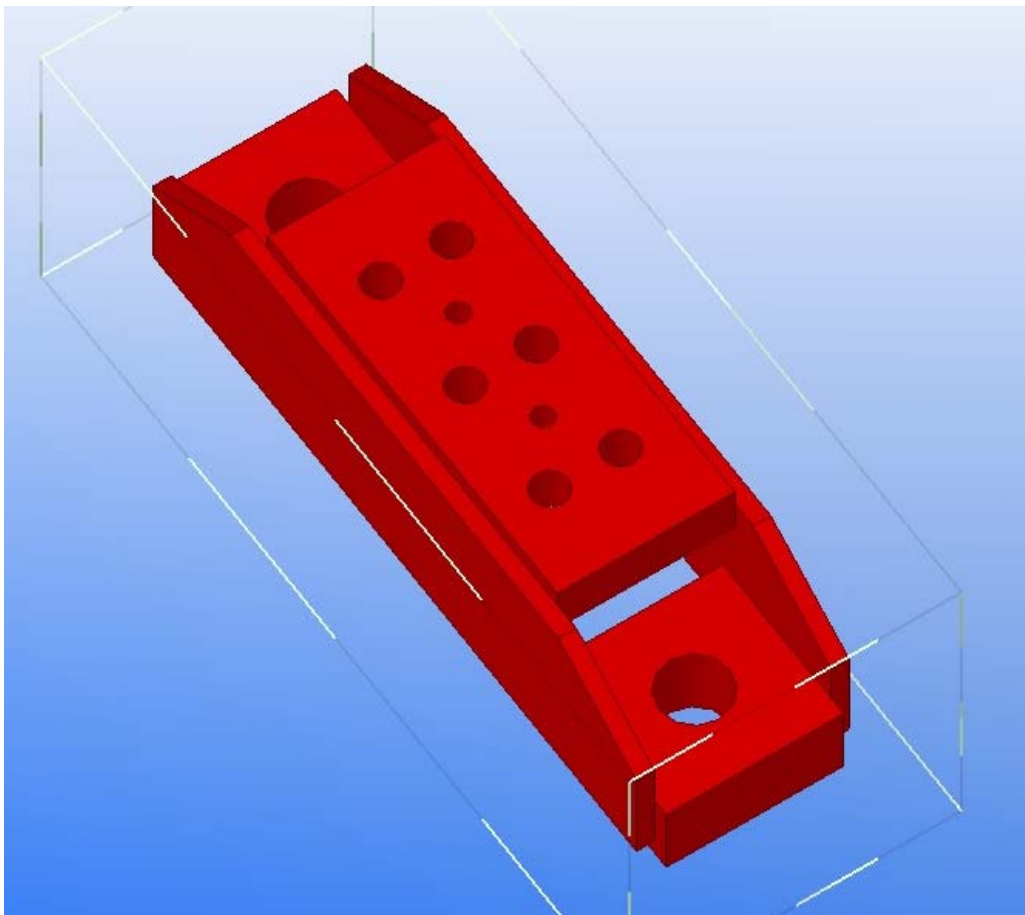
Tekla Structuresin täysversion yhteistyötoiminnallisuudet ovat:

- usean käyttäjän työskentely samassa mallissa yhtäaikaisesti
- IFC-mallin luonti
- mahdollisuus käsitellä mallin tietoja Tekla Open API-rajapinnan kautta
- muiden projektiosapuolten työkaluihin kytkeytyminen
- tuotannonohjausjärjestelmät
- CNC-koneiden ohjaus DSTV- ja CIS/2-tiedostomuotojen kautta
- IFC (2x2, 2x3)
- eri laskentaohjelmistot
- FEM-, SNDF- ja XLM-tiedostomuotojen yhteensopivuus
- graafinen 2D- ja 3D-data (DXF-, DGN- ja DWG-tiedostomuodoissa). (4.)

2.2 Custom-komponentit ja custom-komponentin luominen

Custom-komponenteiksi eli mukautetuiksi komponenteiksi kutsutaan TS:ssa olevia työkaluja, joilla voidaan luoda monimutkaisiakin liitoksia, osia ja detaljeja. TS luo komponentille käyttöliittymän, jonka voi muokata haluamukseen, jotta se täyttää käyttäjän tarpeet. Custom component editorissa näitä komponentteja voi muokata lisää ja lisätä niihin älyä, jotta mallissa tehtävät muutokset tulevat automaattisesti myös komponenttiin. Itse muokatut custom-komponentit toimivat TS:ssa samalla tavalla kuin valmiina olevat komponentit. (5.)

Custom-komponentti voidaan luoda räjäyttämällä jokin TS:n oma komponentti ja muokata sitä tai vaihtoehtoisesti luomalla objektit manuaalisesti itse. Yksinkertaisen ja ilman älyä olevan custom-komponentin luominen on nopeaa. Valitaan mallista objektit, jotka halutaan liittää komponenttiin, ja määritetään esimerkiksi pääkappale, toisarvoiset kappaleet ja sijoituspisteet. Jos haluaa luoda älykkään komponentin, joka reagoi ja mukautuu mallin muutoksiin, täytyy komponenttia muokata Custom component editorissa (6). Kuvassa 2 on yksinkertainen ja ilman älyä oleva custom-komponentti. Komponentti on luotu viidestä erillisestä teräslevystä, koska käyttötarkoitukseen soveltuvaa valmista komponenttia ei ole tehty.

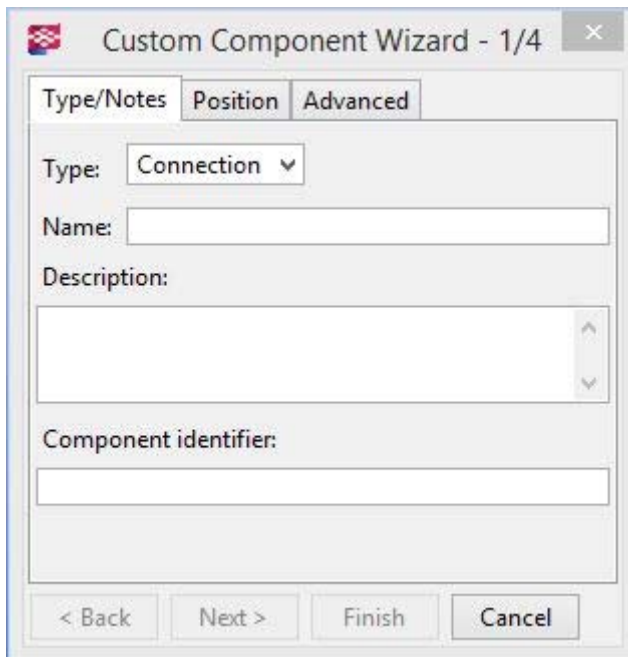


KUVA 2. Yksinkertainen Custom-komponentti


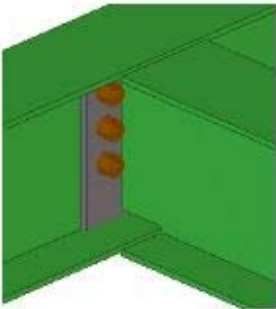

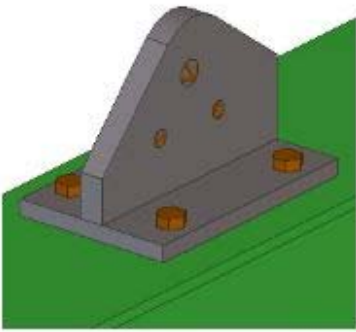


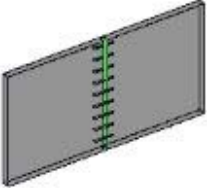
Jos custom-komponentin luominen aloitetaan räjäyttämällä valmis komponentti, sen kaikista objekteista tulee irrallisia toisistaan. Irrallisia objekteja voi poistaa

tai muokata ja käyttää niitä uuden custom-komponentin luomiseen. Komponentti saadaan räjäytettyä Detailing – Component – Explode component -polun kautta. (7.)

Custom-komponentti luodaan, kun siihen tarvittavat kappaleet ja objektit on mallinnettu oikein. Custom Component Wizard (kuva 3) saadaan auki seuraavan polun kautta: Detailing – Component – Define custom component. Syötetään komponentille tarvittavat tiedot, kuten komponentin tyyppi (kuva 4) ja nimi. Valitaan mallista halutut objektit ja edetään ohjeiden mukaisesti ja painetaan Finish. Valmis custom-komponentti löytyy TS:n Component catalogista (8). Käyttäjä voi luoda neljän eri tyyppin custom-komponentteja, joita ovat liitos, detalji, kappale ja sauma (9).



KUVA 3. Custom Component Wizard

Type	Description	Examples
Connection	<p>Creates connection objects and connects end(s) of secondary part(s) to a main part. The main part may be continuous at the connection point.</p> <p>Component symbol is green.</p> 	<p>End plate and base connections</p> 
Detail	<p>Creates detail objects and connects them to a single part at a picked location.</p> <p>Component symbol is green.</p> 	<p>Stiffeners, holes, studs, cleats and lifting brackets</p> 
Part	<p>Creates a group of objects that may contain connections and details.</p> <p>Does not get a component symbol.</p>	<p>Built-up beams, frames and sandwich panels</p> 
Seam	<p>Creates seam objects and connects parts along a line picked with two points. The parts are usually parallel.</p> <p>Component symbol is green.</p> 	<p>Panel-to-panel seams</p> 

KUVA 4. Eri komponenttityypit (9)

3 JULKISIVUELEMENTIT

Rakennustuoteteollisuuden julkaisussa Valmisosarakentaminen osa D v. 1995 rakennuksen uloin vyöhyke jaetaan julkisivuun ja ulkoseinään. Ulkoseinällä tarkoitetaan rakennuksen teknistä ulkokuorta ja julkisivulla rakennuksen toiminnallis-esteettistä puolta. Lämpimissä tiloissa olevat ulkoseinät ovat kerrosrakenteita, joissa toisistaan erottuvat sisäkuori, eriste ja ulkokuori. Valmistuksessa lämmöneriste voidaan joko asentaa erillisenä tai kiinnittää se sisäkuoreen. (10.)

Ulkoseinät voidaan jakaa eri luokkiin toiminnallisten ominaisuuksien tai teknisten ratkaisujen mukaan (10) seuraavasti:

- kantavuuden perusteella kantaviin ja ei-kantaviin ulkoseiniin
- jäykistyksen perusteella jäykistäviin ja ei-jäykistäviin ulkoseiniin
- tukeutumistavan perusteella ripustettuihin ja itsekantaviin ulkoseiniin
- geometrisen muodon perusteella ruutu- ja nauhaelementteihin
- asennus- ja valmistustavan perusteella yhteen sidottuihin sandwich-rakenteisiin ja eriytettyihin rakenteisiin.

3.1 Julkisivuelementtien suunnittelu

Onnistuneen ulkoseinän suunnittelulle on ratkaisevan tärkeää ymmärtää julkisivun osien toiminta. Kantavien ja jäykistävien ulkoseinien vaatimukset poikkeavat huomattavasti ei-kantavien vaatimuksista. Rakennetta valittaessa on otettava huomioon ulkonäkö, toimivuus, pitkäaikaiskestävyys, huollettavuus, asennettavuus, rakentamiskustannukset, käyttö- ja huoltokustannukset. Ulkoseinä rakenne tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että se käyttöikänsä ajan kestää luotettavasti kaikki rakenteelle tulevat kuormat ja vaikutukset, joita todennäköisesti esiintyy sen käyttöiän ja toteutuksen aikana. Rakenne tulee myös suunnitella siten, että se pysyy vaadittuun tarkoitukseen käyttökelpoisena. (11.)

3.1.1 Kuormitukset, rasitukset ja muodonmuutokset

Julkisivuelementtiin kohdistuvien kuormien arvot, yhdistelykertoimet ja eri rajati-
lojen kuormitusyhdistelmät valitaan Eurokoodien EN 1990 ja EN 1991-1 – EN

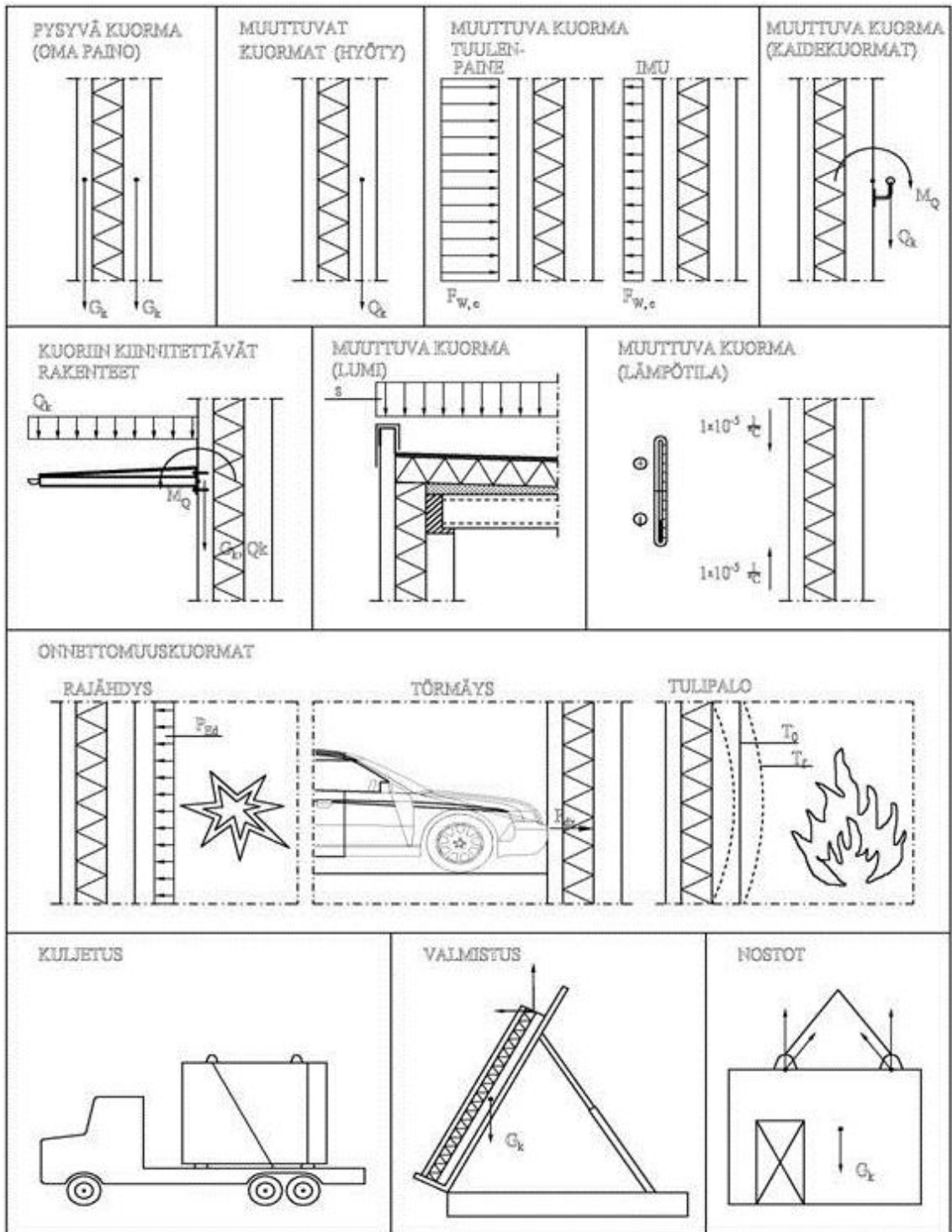
1991-7 mukaisesti. Eurokoodien EN 1990 ja EN 1991 julkisivuun kohdistuvat seuraavat kuormat (kuva 5) (11):

- oma paino eli pysyvä kiinteä kuorma
- kuoriin kiinnitettävien laitteiden painot eli muuttuva kiinteä kuorma
- hyötykuormat eli muuttuvat liikkuvat kuormat
- tuulen paine ja imu, sisä- ja ulkopuolinen paine
- lumikuorma kantavissa ulkoseinissä
- kaidekuormat
- onnettomuuskuormat
- toteuttamisen aikaiset kuormat, jotka tulevat esim. nostoista ja kuljetuksesta
- jäykistyksestä aiheutuvat kuormat.

Julkisivuun kohdistuvat seuraavat rasitukset:

- pakkovoimat
- kuorien sisäiset ja kuorien väliset lämpötilakuormat
- kuorien kutistuma, kosteuserot ja viruma
- perustusten painumien aiheuttamat pakkovoimat.

Julkisivuelementtien muodonmuutokset johtuvat varastoinnista ja varastoinnissa käytettävästä tuentatavasta. (11.)



KUVA 5. Julkisivelementeille tulevat kuormat Eurokoodien mukaan (11)

3.1.2 Julkisivuelementeissä käytettävä betoni

Julkisivuelementissä käytettävän betonin lujuus ja muut ominaisuudet määräytyvät tavoitekäyttöön, kestävyys ja säilyvyyden perusteella. 100 vuoden tavoitekäyttöikää suositellaan kantavaan runkoon kuuluvissa sisäkuorissa. Ei-kantavan ja betonisen julkisivun suositeltu tavoitekäyttöikä on 50-100 vuotta. (11.) Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty ympäristöolosuhteisiin liittyvät betonin rasitusluokat.

TAULUKKO 1. Betonin koostumuksen ja ominaisuuksien raja-arvot, suunnittelu-ikä 50 vuotta (12, s.104)

KOOSTUMUS JA OMINAISUUDET	RASITUSLUOKAT																		
	Ei rasitusta	Hiilidioksidi					Kloridi						Jäätyminen ja sulaminen				Kemiallisesti aggressiiviset aineet		
							Merivesi			Muu kuin merivesi									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Suurin w/s-suhde						0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,60		0,50		0,50	0,45	0,40	
Vähimmäislujuusluokka	K15	K25	K30	K30	K35	K40	K45	K45	K35	K35	K45					K40	K45	K50	
Vähimmäis-sementtimäärä [kg/m ³]		200	230	250	270	300	320	320	300	300	320	270		300		300	320	330	
F-luku (vähimmäisarvo)												1,0		1,5					
P-luku (vähimmäisarvo)													25		40				

TAULUKKO 2. Betonin koostumuksen ja ominaisuuksien raja-arvot, suunnittelu-
käyttöikä 100 vuotta (12, s.105)

KOOSTUMUS JA OMINAISUUDET	RASITUSLUOKAT																	
	Ei rasitusta	Hiilidioksidi				Kloridi						Jäätyminen ja sulaminen				Kemiallisesti aggressiiviset aineet		
						Merivesi			Muu kuin merivesi									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Suurin v/s-suhde						0,45	0,40	0,40	0,50	0,50	0,40	0,60		0,50		0,50	0,45	0,40
Vähimmäis- lujuusluokka	K15	K25	K35	K40	K45	K40	K45	K45	K35	K35	K45					K40	K45	K50
Vähimmäis- sementtimäärä [kg/m ³]		200	230	250	270	300	320	320	300	300	320	270		300		300	320	330
F-luku (vähimmäisarvo)												2,0		3,0				
P-luku (vähimmäisarvo)													50		80			

3.1.3 Lämmöneristeet

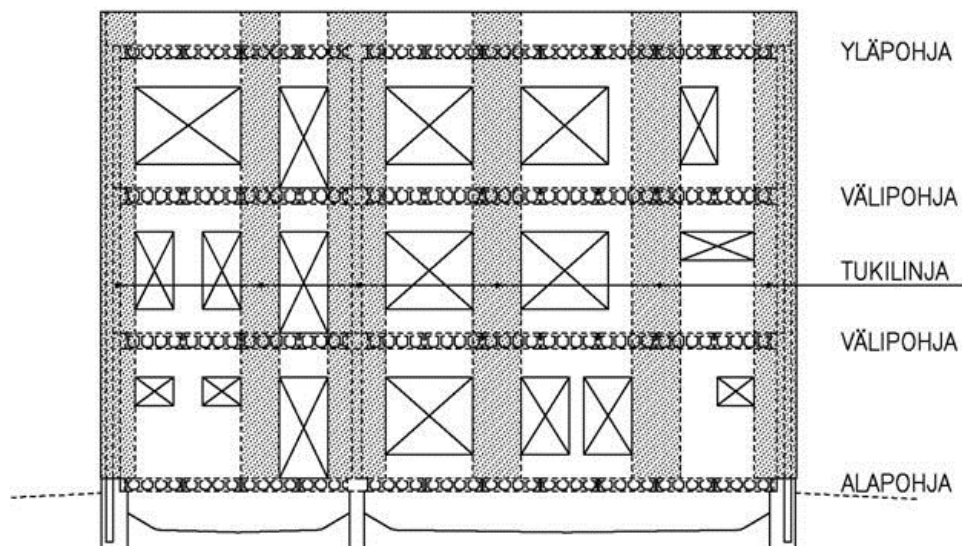
Rakennuksen vaipan osille saadaan lämpöhäviöiden vertailuarvot Rakentamis-
määräyskokoelman julkaisusta D3 Rakennusten energiatehokkuus, määräykset
ja ohjeet 2012. Rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa laskettaessa
käytetään seinän lämmönläpäisykertoimena vertailuarvoa 0,17 W/m²K. (13, s.5)

Ulkoseinissä käytettäviä lämmöneristeitä ovat mineraalivilla, PUR-eriste, PIR-
eriste ja EPS-eriste. Mineraalivillaa voidaan käyttää kaikissa ulkoseinissä, PUR-
ja PIR-eristeitä sandwich-elementeissä, EPS-eristettä sandwich-elementeissä
sekä ohutrapatuissa ulkoseinissä. PUR-, PIR- ja EPS-eristeissä suojaukset tu-
lee tehdä tuotehyväksynnän mukaan. (11.)

Eristeen tiiveys on ratkaisevassa osassa julkisivurakenteen tuuletuksessa.
Sandwich-elementit on aina tehtävä tuulettuviksi, jos lämmöneristeenä käyte-
tään mineraalivillaa. Mineraalivillan tulee olla urasuojattua ja uritettua. Koko ra-
kenne pyritään saamaan tuulettuvaksi saumoissa olevien tuuletusputkien tai ko-
teloiden sekä uria yhdistävien vaakakanavien avulla. (11.)

3.1.4 Julkisivuelementtien aukotus

Julkisivujen aukotusjärjestelmän muodostavat ikkunat ja parvekeovet, joiden rakennesuunnitteluperiaatteisiin kuuluu, että kuormat tuodaan perustuksille suorita reittejä pitkin (kuva 6). Voimien siirtämisen kannalta suora reitti on taloudellisin ja tehokkain. Aukotus tehdään materiaalien ehdoilla. Jakke Karjalaisen (2016) haastattelussa nousi esille, että tiililaattapintaisen sandwich-elementin aukotus ei ole yhtä vapaata kuin betonipintaisen tai rapatun elementin. Tämä johtuu siitä, että aukon sijoitus ja aukon koon täytyy olla tiilien moduulimitan kerrannaisia (14). Aukotuksen suunnittelussa tulee huomioida tarpeellisista minimimitoista. Julkisivun aukotusta ohjailevat myös elementin palo- ja kestävyysominaisuudet, kuljetus- ja asennuskestävyys. Aukotuksen suunnittelussa tulee välttää kosteusteknisesti vaurioalttiita saumoja ja liittymiä. (11.)



Kantavilla seinillä aukotus on melko vapaasti valittavissa, kun huolehditaan tukilinjoista ja aukkopalkkien sekä piilipilarien kantavuuksista.

Mikäli julkisivuverhous on paikallamuurattu, on aukotuksen sijoittelussa tapauskohtaisesti huomioitava tiilipalkki/pilarikestävydet.

KUVA 6. Kantavien seinien aukotus, kuormat suorita reittejä pitkin alas (11)

Ei-kantavilla seinillä aukotuksen suunnittelu on melko vapaata. Elementit kantetaan puukkokannatuksella kerroksittain huoneistojen välisistä seinistä tai elementit tukeutuvat alempiin elementteihin sisäkuoren välityksellä. Paikalla

muuratussa julkisivuverhouksessa tulee tapauskohtaisesti huomioida tiilipalkkien ja -pilarien kestävyys. (11.)

3.2 Aukkojen pielet ja liitokset

Ikkunoiden ja ovien kiinnittämisessä elementtiin on käytännössä kaksi eri vaihtoehtoa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa ikkunat ja ovet kiinnitetään karmipuihin, jotka kiertävät aukon ympäri. Toinen vaihtoehto on karmikengät tai karmikulmat. Jotkin urakoitsijat haluavat, että ikkunat ja ovet kiinnitetään nimenomaan karmipuihin, jotka kiertävät koko aukon ympäri, koska työmaat ovat kokeneet karmien tuovan hankaluuksia ikkunoiden ja ovien asennusvaiheessa. (14.)

Puukarmia käytetään myös palokatkona, jotta palotilanteessa tuli ei pääse leviämään eristetilän kautta. Tampereen teknillinen yliopisto on antanut lausunnon enintään kahdeksankerroksisen P1-luokan rakennuksen betoniulkoseinän lämmöneristeenä käytettävän polyuretaanin paloteknisestä toiminnasta. Palonkestoaikavaatimuksena lausunnossa on käytetty kerrostaso-osastoinnin 60 minuuttia, jolloin palon leviäminen seinärakenteen polyuretaanieristeeseen on estetävä 30 minuutin ajan. Lausunnosta käy ilmi, että polyuretaanieriste saadaan suojattua palolta 30 minuutin ajaksi liitoksilla, joissa käytetään karmipuuta. (16.)

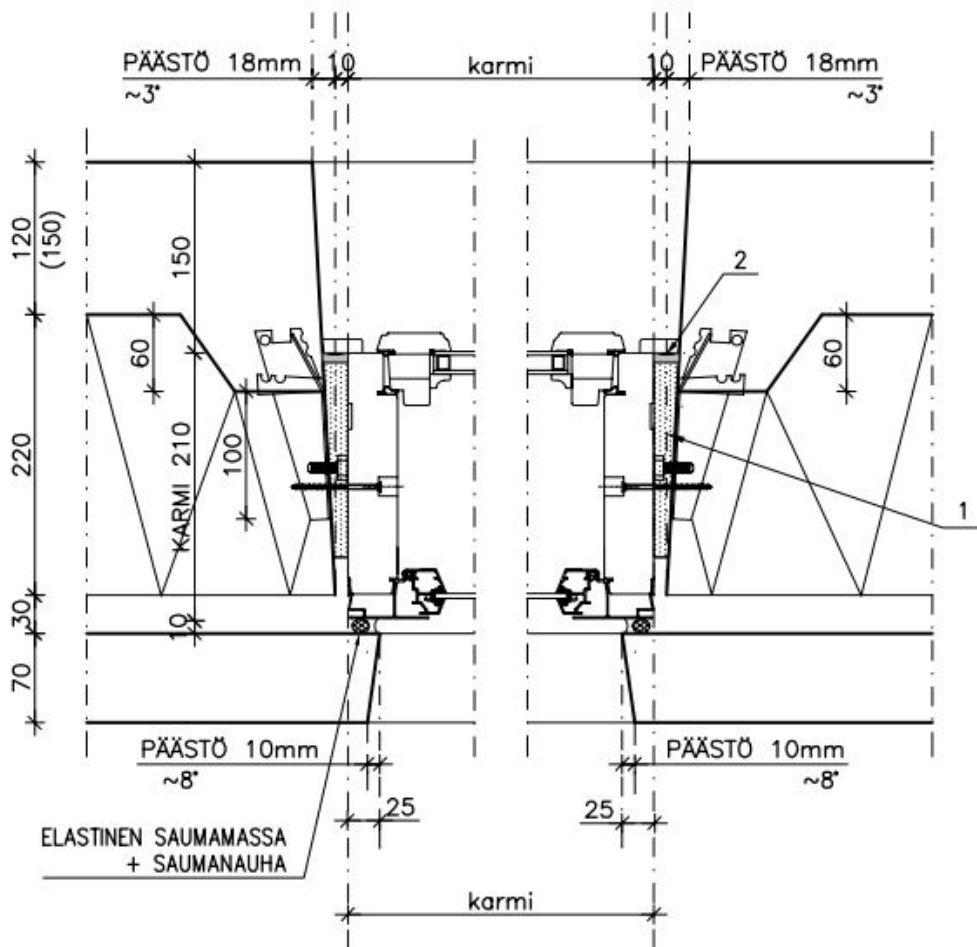
3.2.1 Aukkojen pieliä suunnittelu

Elementtiä suunniteltaessa tulee huomioida ikkunoiden ja ovien vaatimat asennusvarat. Elementtisuunnittelija ei voi mitoittaa aukkoja suoraan ikkunan tai oven ulkomittojen mukaan, vaan siihen tulee ottaa asennusvarat huomioon. Elementtien valmistuksessa olevat toleranssit sallivat pienet mittaepätarkkuudet. Asennusvaroilla varmistetaan, että ikkunat ja ovet voidaan asentaa suoraan, vaikka elementin aukkomitoissa olisi mittaepätarkkuuksia. Aukkojen ympärökset tulee voida myös tiivistää, mikä ei ole mahdollista ilman asennusvaroja. Yleisesti asennusvaroina käytetään pystypielissä 10 mm ja vaakapielissä 15 mm. (14.)

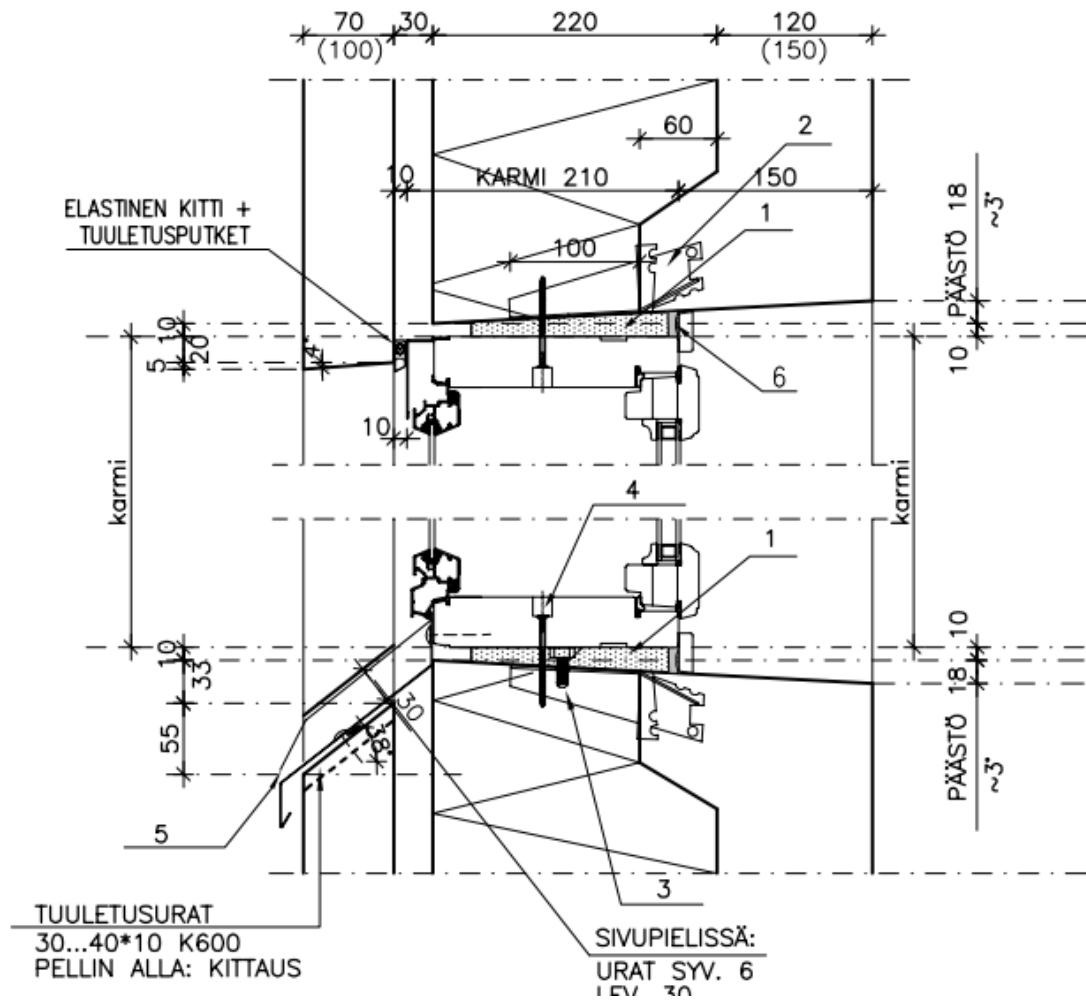
Sandwich-elementeissä aukkojen ympäri tehdään myös päästöt. Päästöt tehdään molempiin betonikuoriin. Päästöjen tarkoitus on helpottaa elementtitehtaan työskentelyä muottien purkuvaiheessa. Ilman päästöjä aukkomuottien irrotus on huomattavasti työläämpää. (14.)

3.2.2 Liitosdetaljit

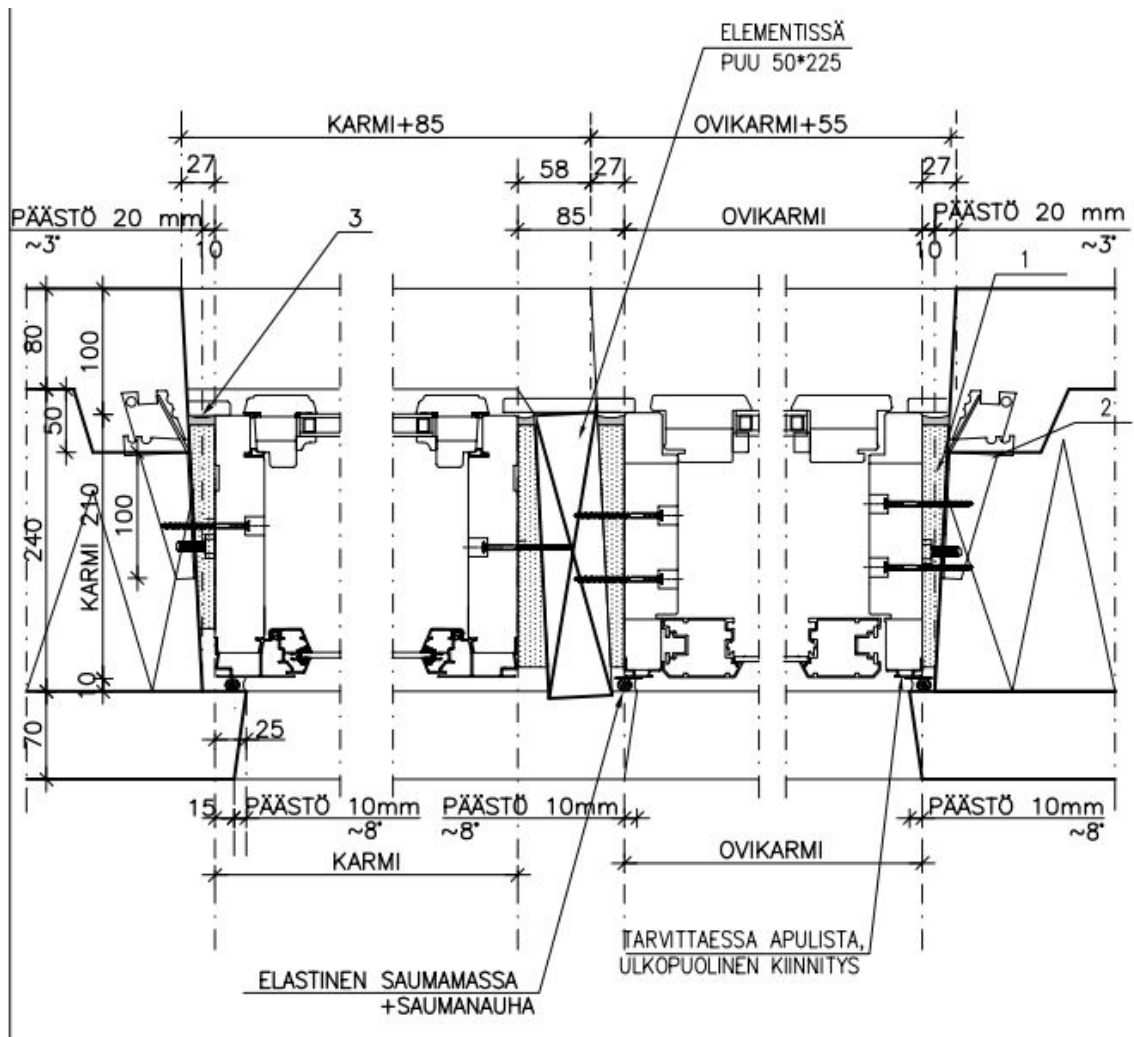
Ikkunoiden ja ovien liitosdetaljiikka pysyy yleensä pääpiirteittäin samana johtuen niiden moduulimitoituksesta ja vakiona pysyvistä karmileveyksistä. Detaljien tulee toimia kosteusteknisesti oikein kaikissa tilanteissa ja detaljit eivät saa sisältää riskiratkaisuja (14). Kuvissa 7-9 on esitetty Elementtisuunnittelu.fi:n tekemiä detaljeja karmikenkäinnityksistä ja kuvissa 10-14 Insinööritoimisto Mäkeläisen tekemiä detaljeja puukarmikiinnityksistä.



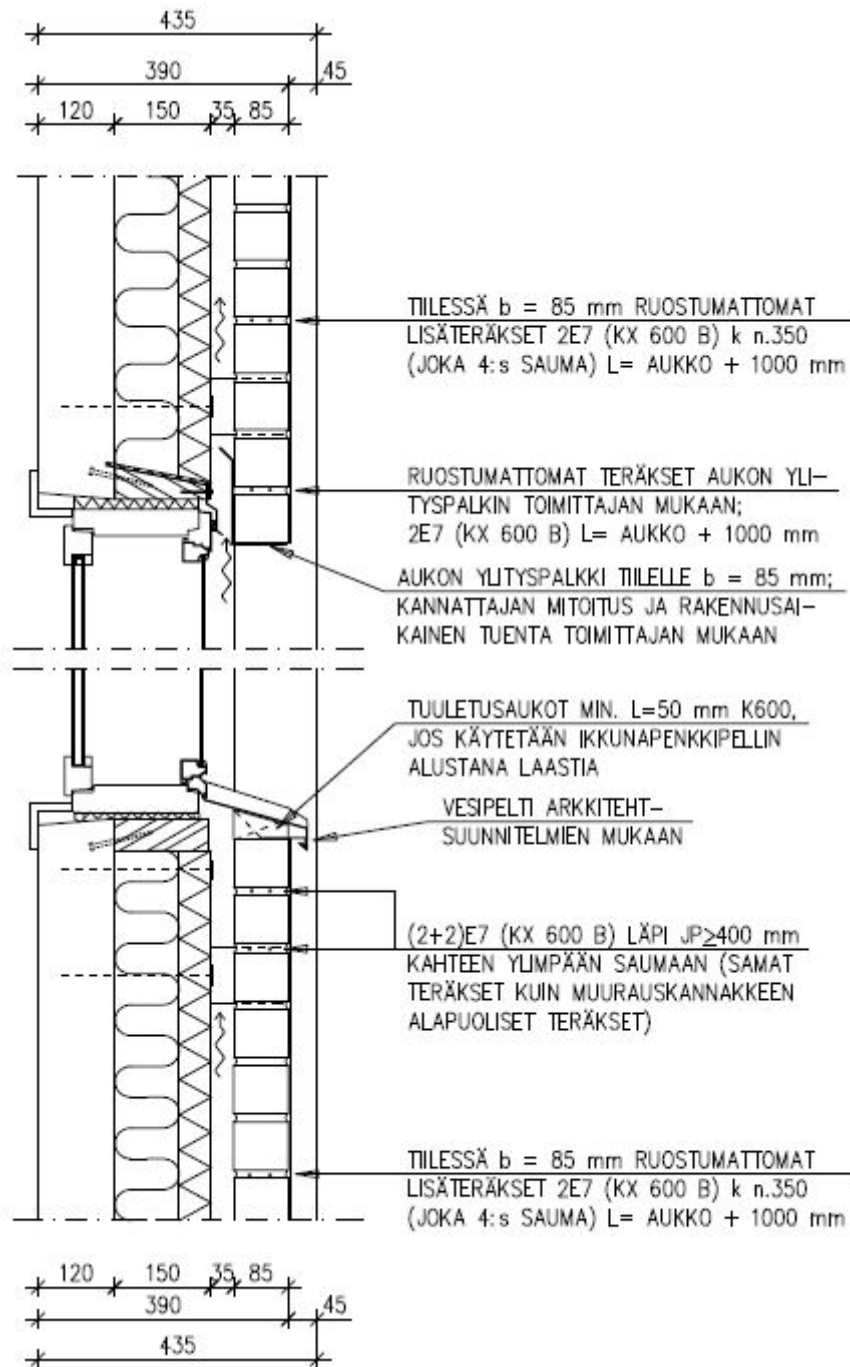
KUVA 7. Ikkunan karmikenkäliitoksen vaakaleikkaus, karmileveys 210 mm (15)



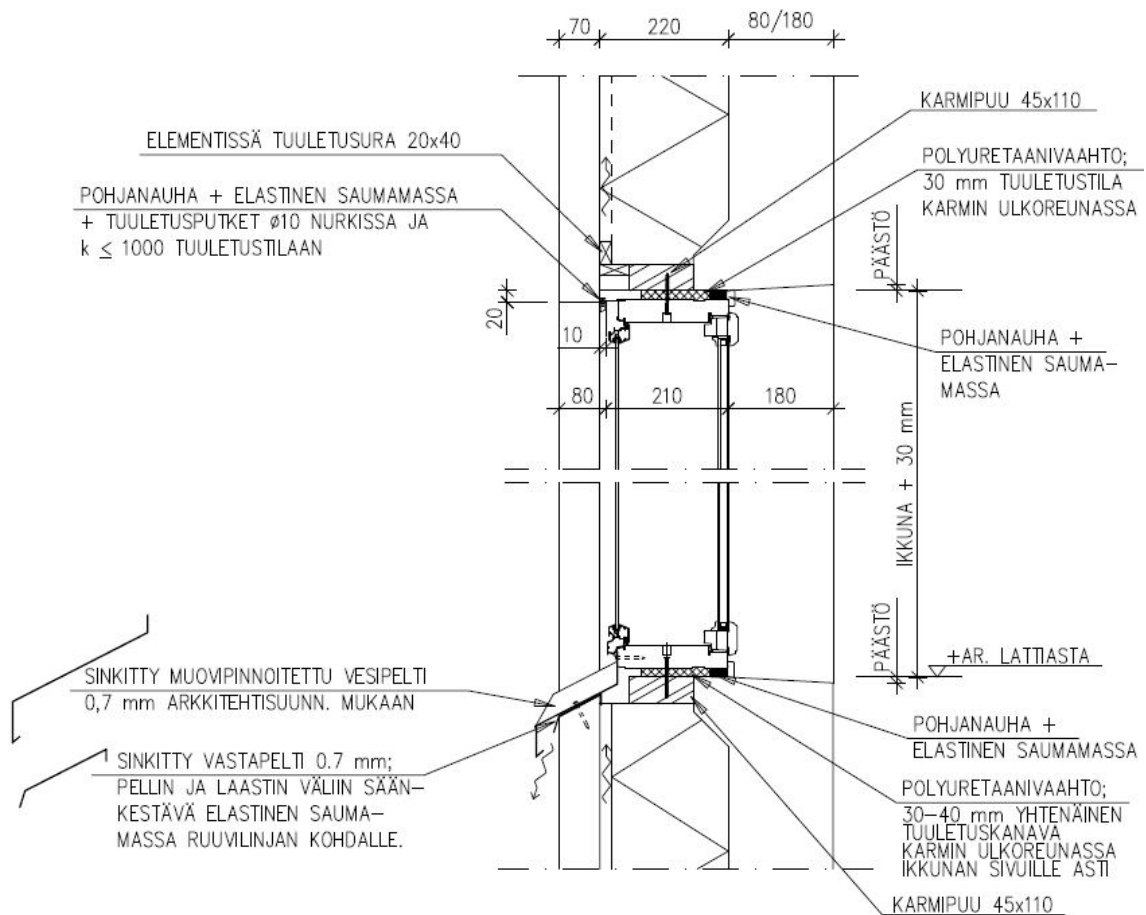
KUVA 8. Ikkunan karmikenkäliitoksen pystyleikkaus, karmileveys 210 mm (15)



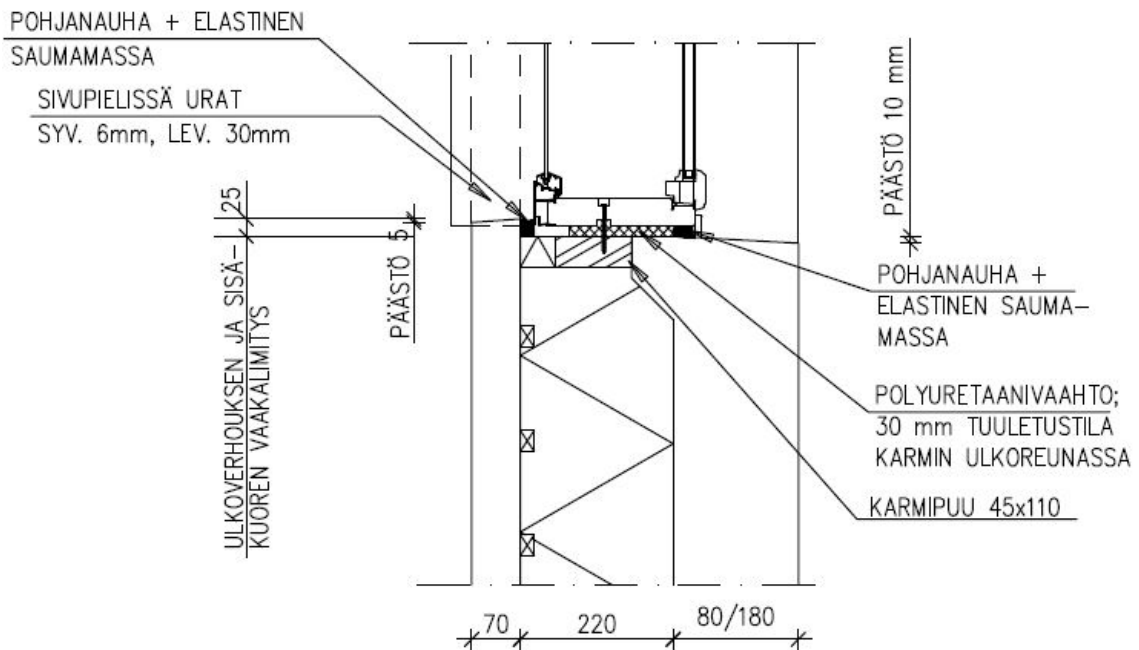
KUVA 9. Parvekeoven ja ikkunan karmikenkäliitoksen vaakaleikkaus, karmileveys 210 mm (15)



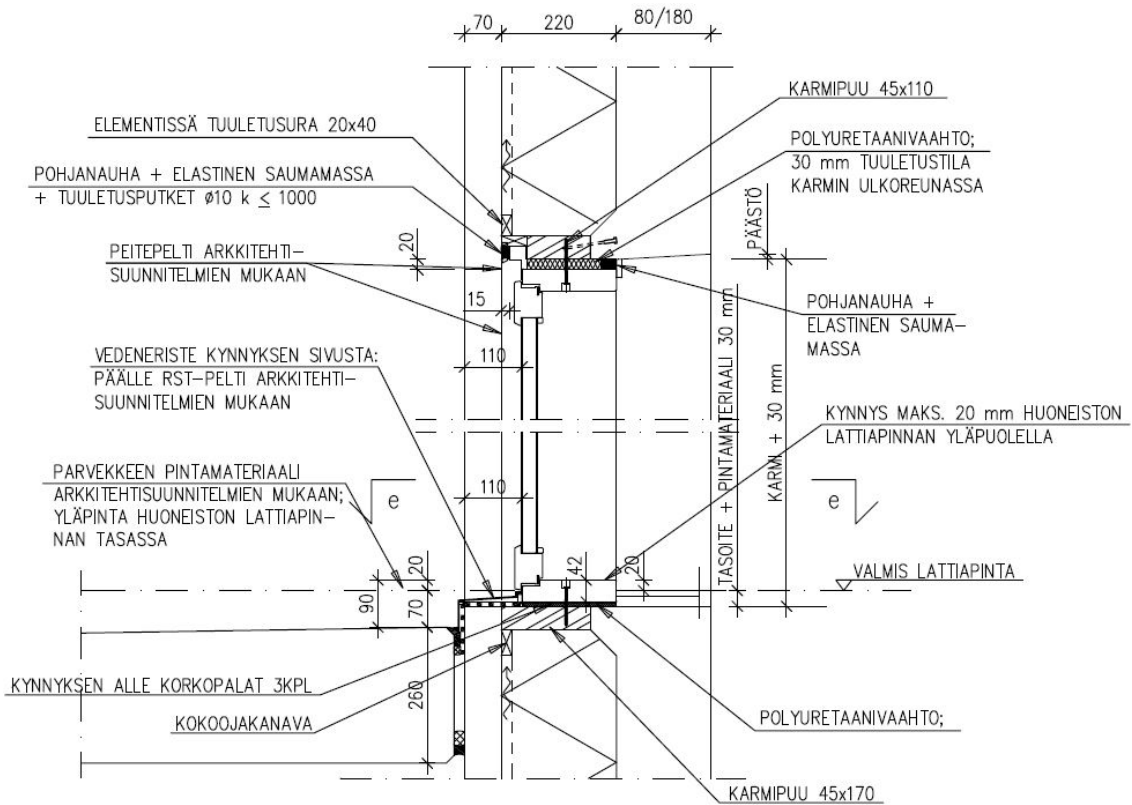
KUVA 10. Karmipuilla tehdyt ikkunapielet sisäkuorielementissä, pystyleikkaus



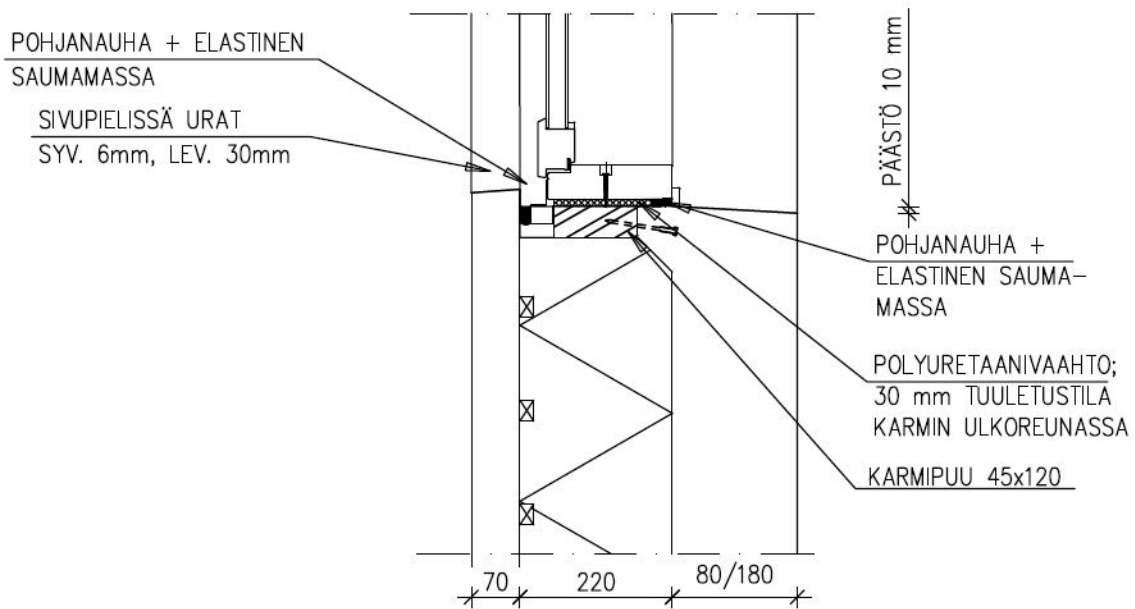
KUVA 11. Karmipuilla tehdyt ikkunapielet sandwich-elementissä, pystyleikkaus



KUVA 12. Karmipuilla tehdyt ikkunapielet sandwich-elementissä, vaakaleikkaus



KUVA 13. Karmipuilla tehtyt parvekeovipielet sandwich-elementissä, pystyleikkaus



KUVA 14. Karmipuilla tehtyt parvekeovipielet sandwich-elementissä, vaakaleikkaus

4 JULKISIVUELEMENTTIEN AUKOTUSKOMPONENTIN LUOMINEN

Ennen komponentin tekoa pidettiin palaveri, jossa sovittiin komponenttiin sisällytettävät toiminnot ja säätömahdollisuudet. Palaverissa nostettiin esille kaikki keskeisimmät ja työläimmät aukotukseen liittyvät työvaiheet mallintamisessa, minkä perusteella toiminnot ja opinnäytetyön laajuus saatiin rajattua.

4.1 Alueen rajaus ja suunnittelu

Uusi komponentti lähdettiin luomaan puhtaalta pöydältä. Edellisen kehitysversio komponentista otettiin mallia ja pyrittiin parantamaan sen ominaisuuksia ja lisäämään komponenttiin toiminnollisuutta. Tilaaja toivoi komponentin nopeuttavan työtä, joten tämä otettiin heti alussa päämääräksi.

Alun perin suunnitelmana oli tehdä yksi ainoa komponentti, joka toimii kaikissa tilanteissa, mutta lopulta päädyttiin kahteen erilliseen komponenttiin. Ensimmäisenä tehtiin komponentti, joka toimii ikkuna-aukkojen teossa. Tässä komponentissa ei ole mahdollista tehdä parvekkeen ovelle aukkoa. Toiseen komponenttiin sisällytettiin parvekkeen oviaukon luominen. Muiden kuin parvekkeen taustaseinäelementtien aukotus on nopeampaa pelkän ikkuna-aukon luovalla komponentilla. Tästä syystä päädyttiin tekemään kaksi erillistä komponenttia.

Komponenttiin voitaisiin luoda useita erilaisia parametreja, joita voidaan säätää käyttöikkunan kautta. Liiallisten parametrien sisällyttäminen ei ole järkevää komponentin käytön nopeuden kannalta, joten parametreja ei lisätty turhaan. Tässä kehitysversiossa uuden komponentin parametreiksi valittiin seuraavat asiat:

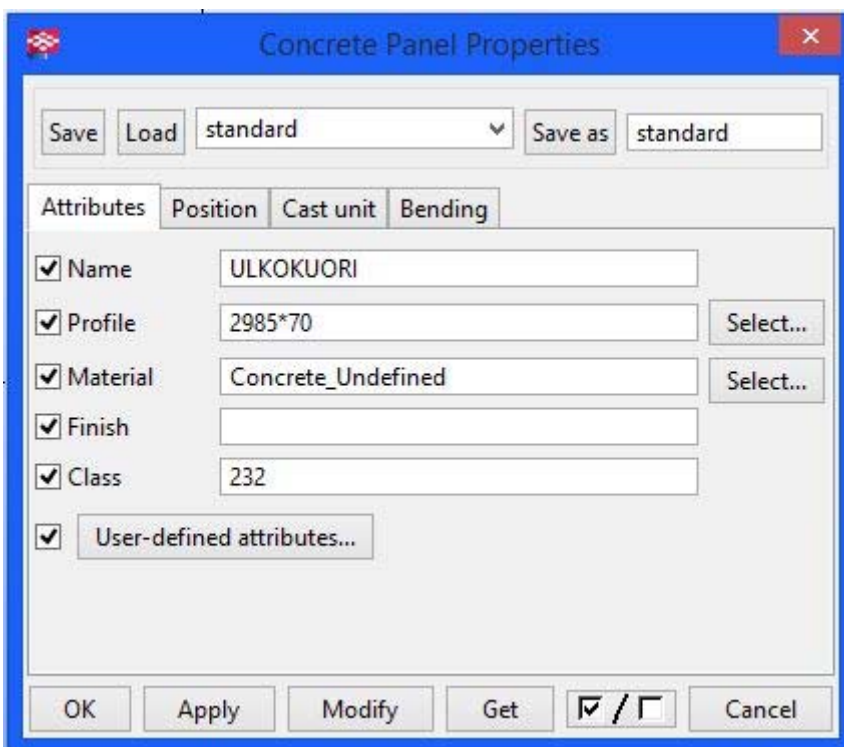
- ylä-, ala- ja sivupielien säätö ja muokkaus
- betonivahventeen lisääminen sisäkuoreen aukon ympäri ja sen betoni-laadun valinta
- ylä- ja alapuun säätö eri kokoisiksi kuin pystypuut.

Tilaaajan esittämän pieliraudoituksen aukon ympäri toteuttaminen jätettiin tästä kehitysversiosta pois. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska ikkuna- ja oviaukon pieliraudoituksen tekeminen onnistuu samoilla TS:n sisältämällä työkaluilla kuin rengasteräkset luodaan. Ikkunan yläpalkin ja kapeiden pystypieliin raudoitukseenkin löytyy TS:sta hyvät työkalut.

4.2 Julkisivuelementtien ikkuna-aukkokomponentti

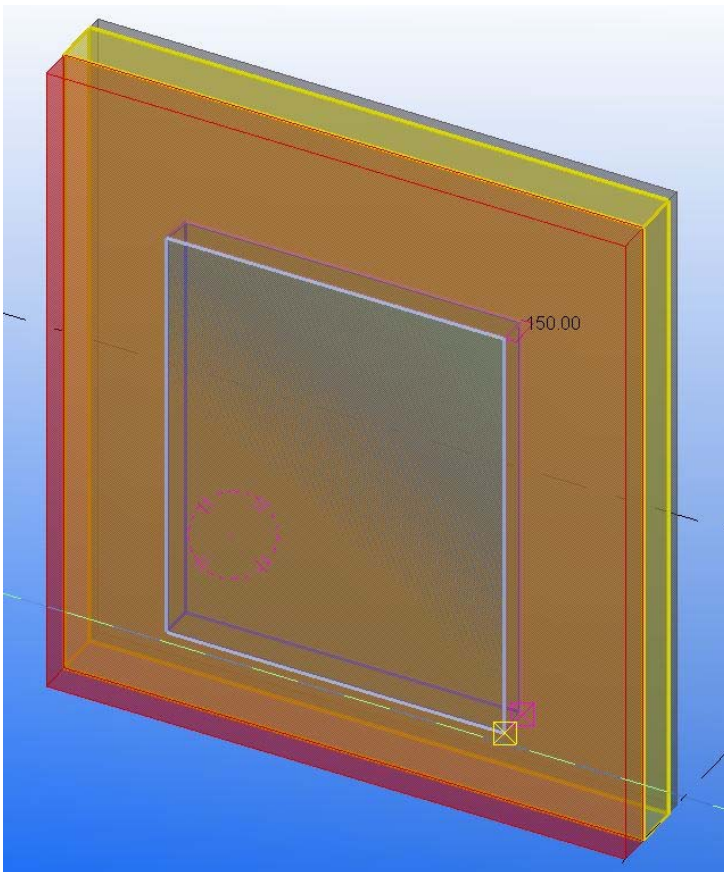
Komponentin luonti päätettiin toteuttaa samalla tavalla kuin aiemmin kehitetty komponentti oli toteutettu. Aukotuskomponentti vaati toimiakseen piilotetun sandwich-rakenteen oikean elementin sisään, jotta komponentin objektit saatiin sidottua xyz-koordinaatistoon.

Ennen komponentin tekoa täytyi mallintaa sandwich-rakenne ikkuna-aukkoi-
neen. Lisäksi karmipuut ja vahventeet täytyi mallintaa jo tässä vaiheessa. Kom-
ponentin luominen aloitettiin mallintamalla sandwich-rakenne. Sisäkuori, eriste
ja ulkokuori mallinnettiin Concrete panel -työkalulla (kuva 15).

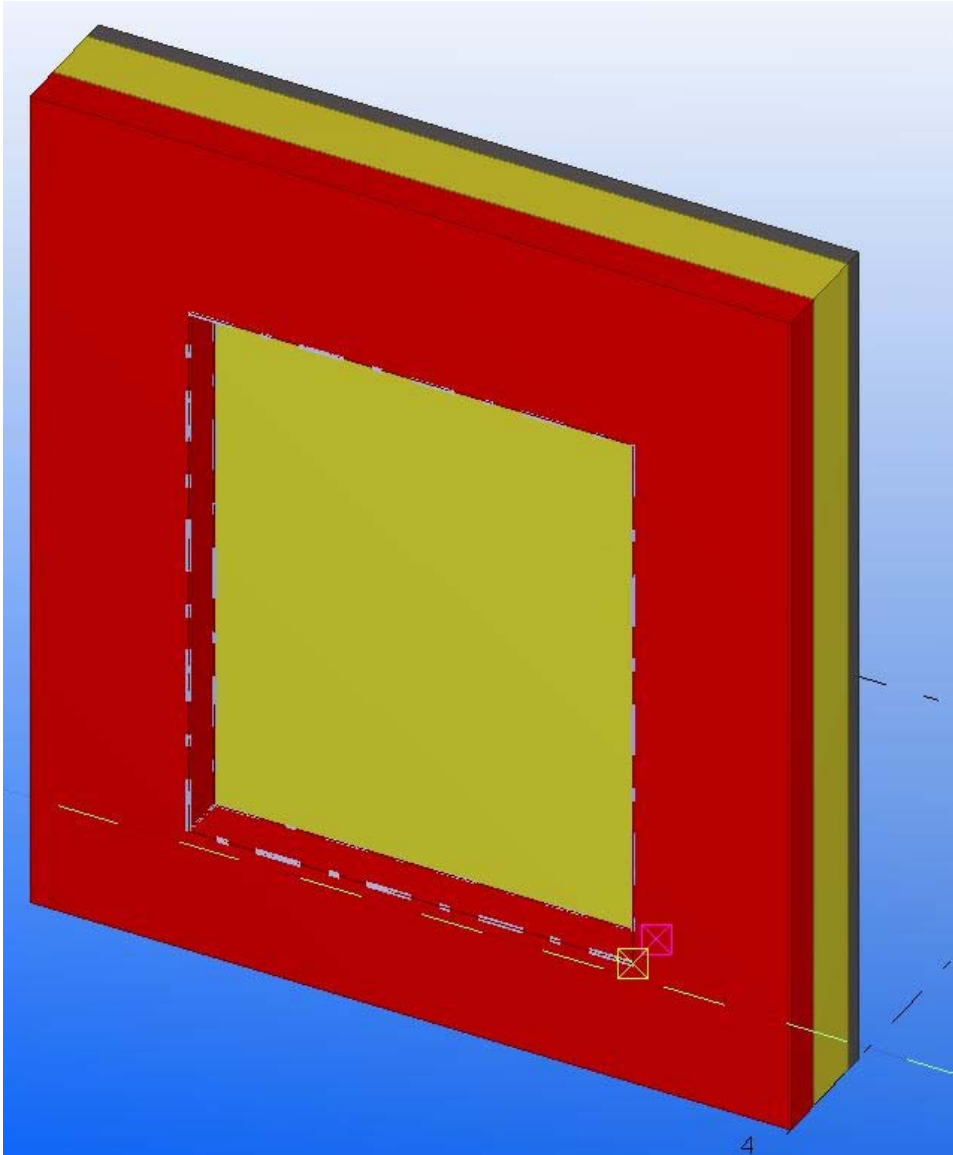


KUVA 15. Concrete Panel -käyttöliittymä

Kuorien ja eristeen mallintamisen jälkeen niihin täytyi leikata aukot. Aukkojen leikkaamiseen oli käytännössä kaksi eri vaihtoehtoa. TS:n sisältämät Cut part with polygon -työkalu ja Cut part with another part -työkalu soveltuvat aukkojen leikkaamiseen. Leikot päädyttiin tekemään Cut part with another part -työkalulla. Tähän päädyttiin siitä syystä, että tällä työkalulla päästiin vähemmällä parametrien määrittelyllä ja komponentti toimi valmistuttuaan jouhevasti, koska parametrimäärittely on pidetty selkeärakenteisena. Kuorien ja eristeen sisään mallinnettiin Concrete beam -työkalulla betonipalkki. Palkit mallinnettiin kuorien ja eristeiden ulkopinnoista sisäpintoihin. Näille objekteille määritettiin oikeat profiilit ja sijoituspisteet. Cut part with polygon -työkalu olisi lisännyt leikkosten sijoituspisteitä kahdella, mikä taas olisi tarkoittanut suurempaa työmäärää komponentin toiminnollisuutta tehtäessä. Kuvassa 16 on Concrete beamilla mallinnettu leikko-objekti sisäkuoren sisässä ja kuvassa 17 sisäkuori on leikattuna.

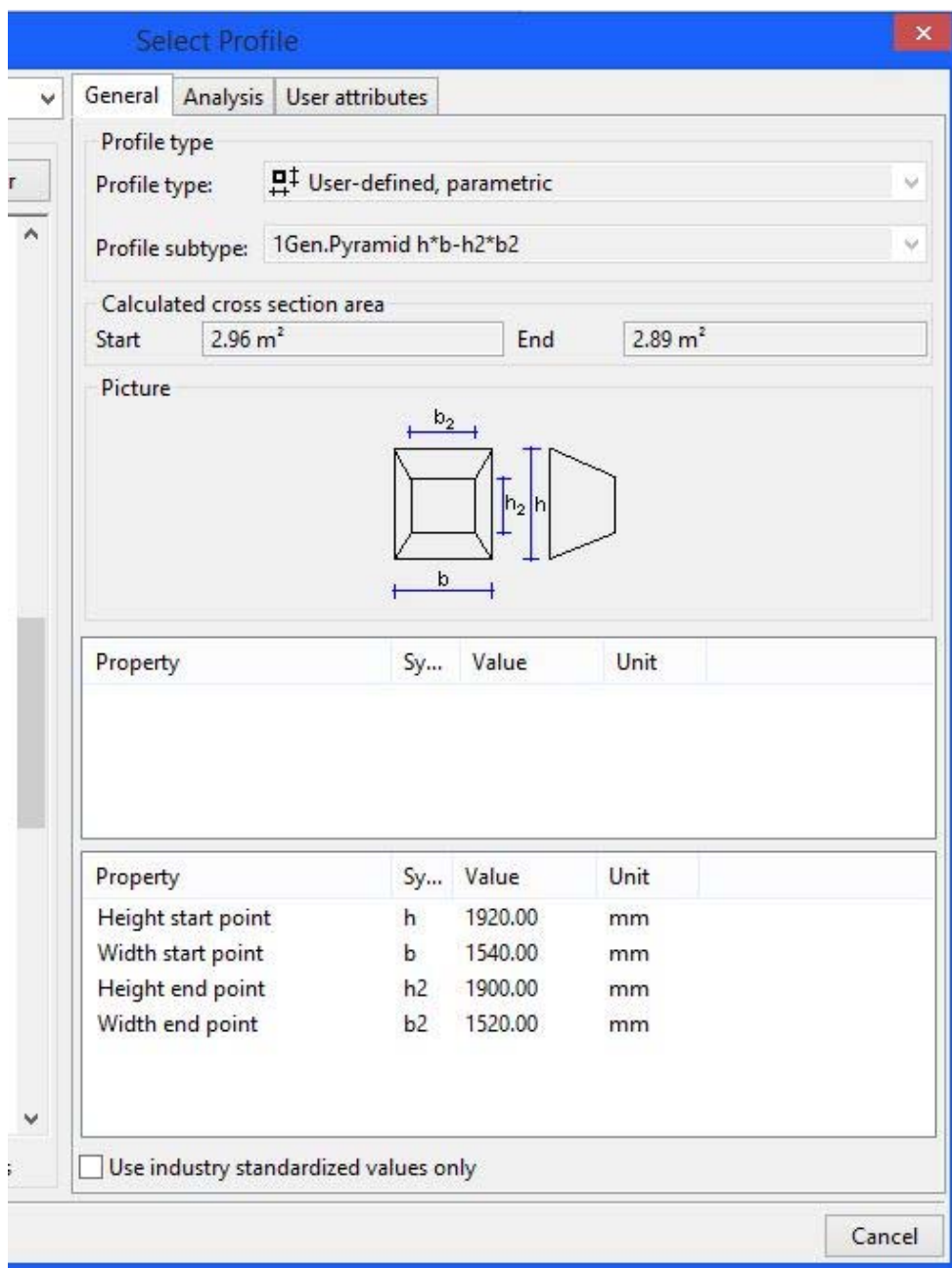


KUVA 16. Leikko-objekti sisäkuoressa



KUVA 17. Sisäkuori leikattuna

Leikot päätettiin mallintaa jo tässä vaiheessa oikein. Leikkojen tulee sisältää piilien päästöt ja kuorien ylitykset. Mallinnus tapahtui aivan samalla tavalla kuin olisi tuotettu oikeaa elementtiä ja siitä tuotantokuvia elementtitehtaalle. Kuvassa 18 on esitetty sisäkuoren leikkoprofiili, jossa on ajateltu sisäkuoren päästön olevan 10 millimetriä.

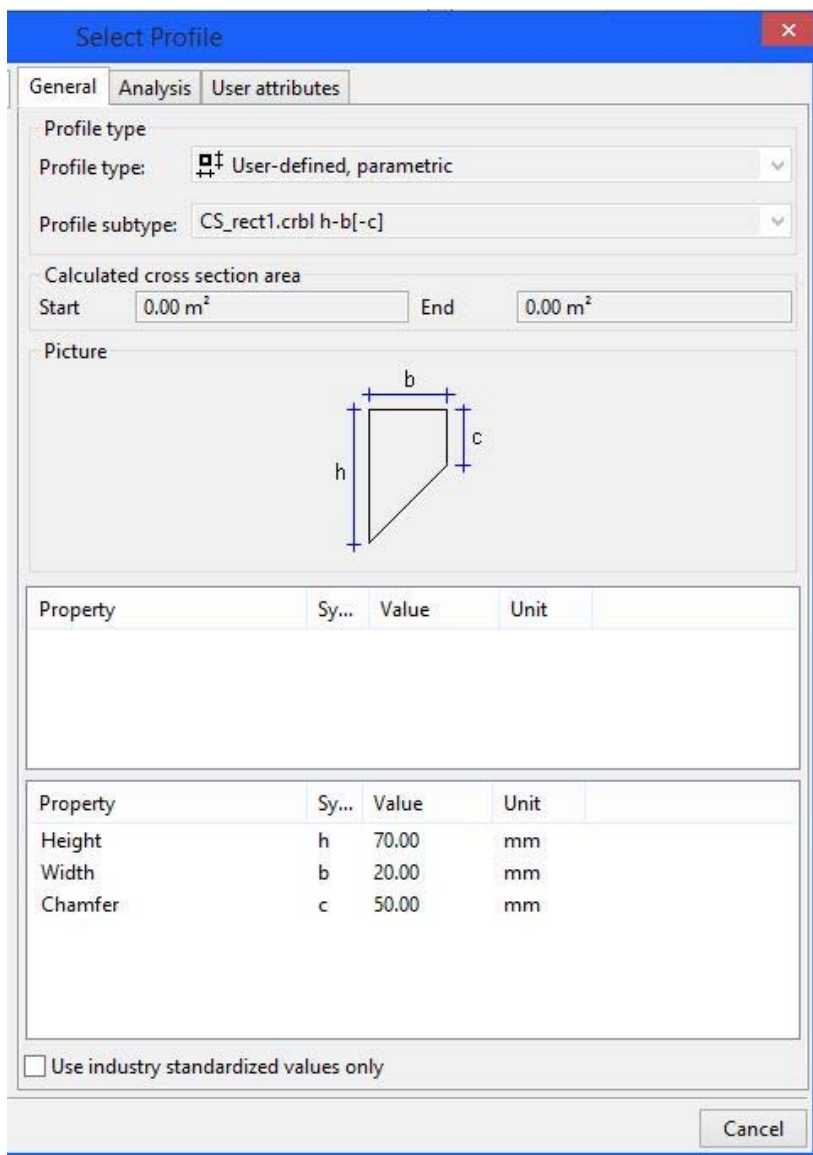


KUVA 18. Sisäkuoren leikkoprofiili

Tällä samalla tavalla tehtiin myös ulkokuoren leikko sekä eristeen leikko. Eristeen leikko tehtiin suorakulmaisella profiililla ja ulkokuoren leikko tehtiin PL_V-profiililla. Eristeen leikosta tehtiin jo tässä vaiheessa 45 mm pitempi jokaiselta sivulta, ettei karmipuiden takia tarvinnut tehdä lisää leikkoja. Ulkokuoren leikon PL_V-profiiliin päädyttiin, koska siinä on määritetty sijoituspisteet keskelle leikkaa. Profiili sisältää muuttujat ye ja ze, joilla saatiin siirrettyä sijoituspisteitä eri

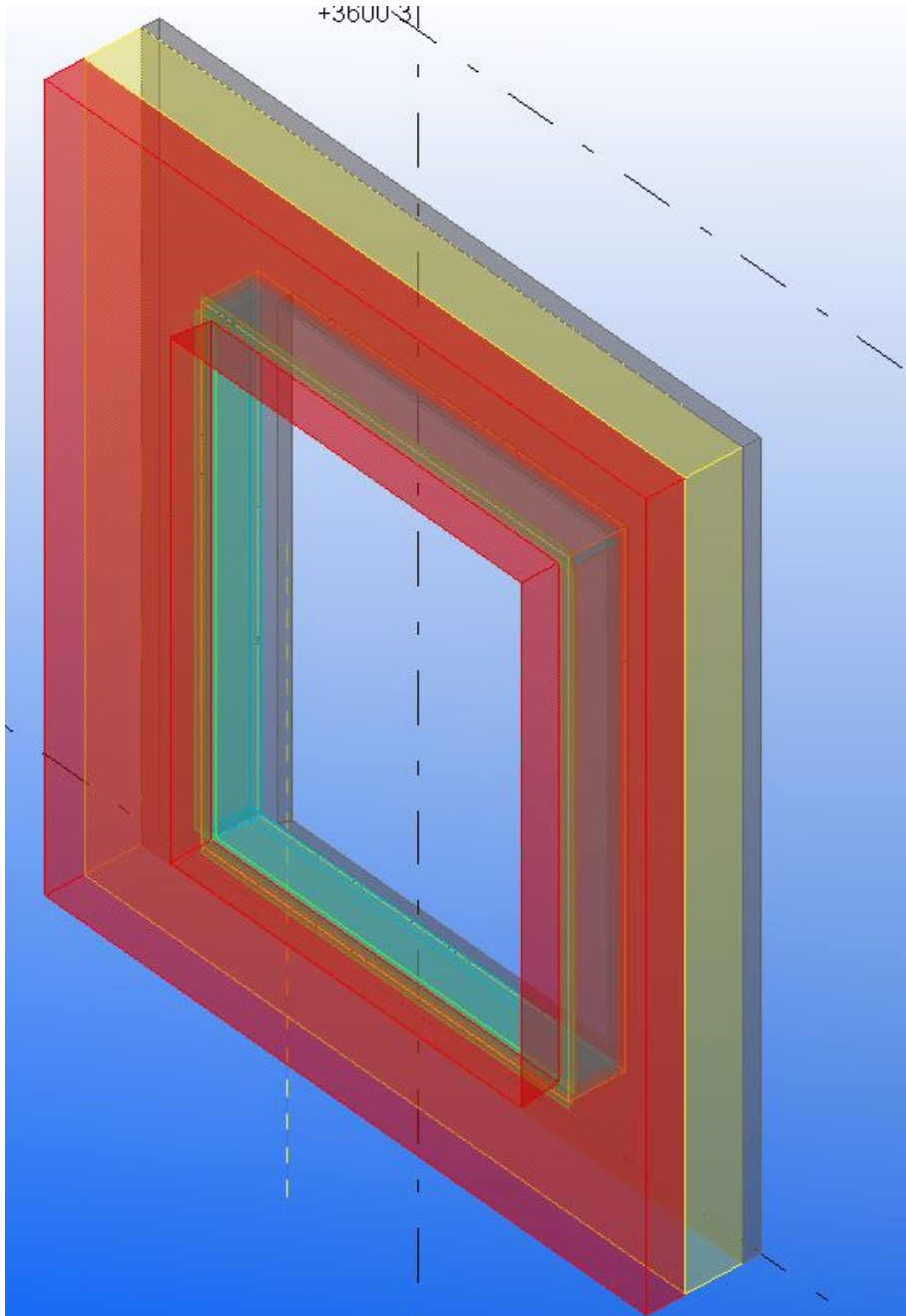
kohtaan. Tällä tavalla saatiin luotua vesipellin viiste sekä ikkunan yläreunan päästö.

Leikkojen mallintamisen jälkeen sisäkuoreen mallinnettiin betonivahvenne aukon ympäri. Betonivahventeesta tehtiin tässä vaiheessa 70 millimetriä korkea, 20 millimetriä paksu ja viisteen pystymitaksi määritettiin 20 millimetriä (kuva 19). Vaakasuorassa olevat vahventeen mallinnettiin Concrete beam -työkalulla ja pystysuorassa olevat vahventeet Concrete column -työkalulla. Tässä päädyttiin käyttämään kahta eri työkalua, jotta profiili pysyy samana ja sijoituspisteet ovat vahventeiden päissä.



KUVA 19. Betonivahventeen profiili

Karmipuut mallinnettiin betonivahventeeseen kiinni. Karmipuiden profiiliksi määritettiin tässä vaiheessa 170x45 millimetriä. Karmipuiden mallinnuksessa käytettiin täysin samaa periaatetta kuin betonivahventeiden. Karmipuiden mallinnuksen jälkeen kaikki tarvittavat objektit komponentin luontiin olivat valmiina.

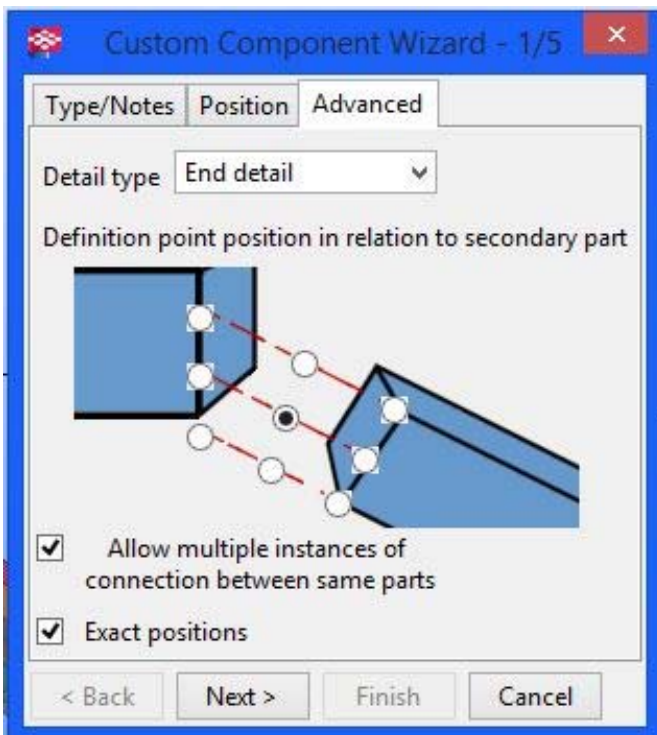


KUVA 20. Komponentin objektit mallinnettuna

4.2.1 Komponentin luominen

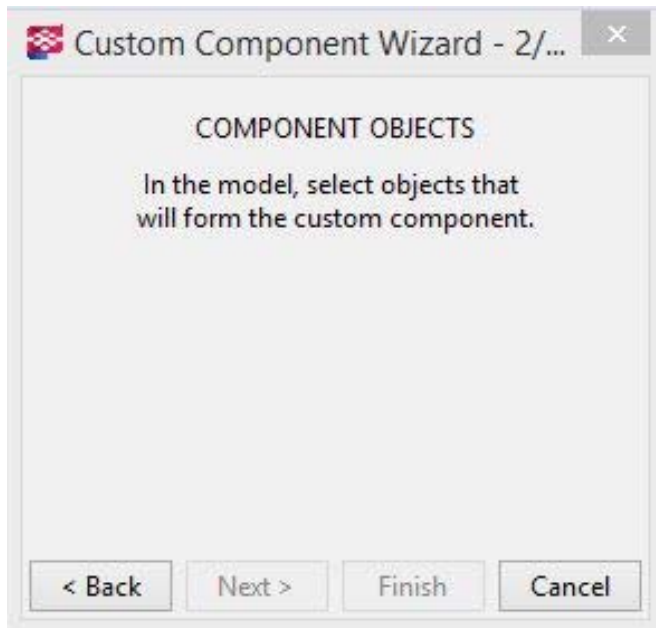
Tässä vaiheessa mallissa olevat objektit olivat kaikki itsenäisiä ja itsenäisesti toimivia kappaleita. Ne eivät olleet sidottuna millään tavalla toisiinsa. Komponentti päätettiin tehdä saumakomponentilla (Seam).

Detailing – Component – Define custom component -polun kautta saatiin Custom Component Wizard auki. Tässä vaiheessa määritettiin komponentin tyyppiä Seam ja annettiin komponentille työnimi. Custom Component Wizardin position -välilehdeltä määritettiin Up directioniksi +z ja position type kohtaan jätettiin middle. Viimeisellä eli advanced -välilehdellä täytyi käydä laittamassa rasti kohtaan Allow multiple instances of connection between same parts (kuva 21).



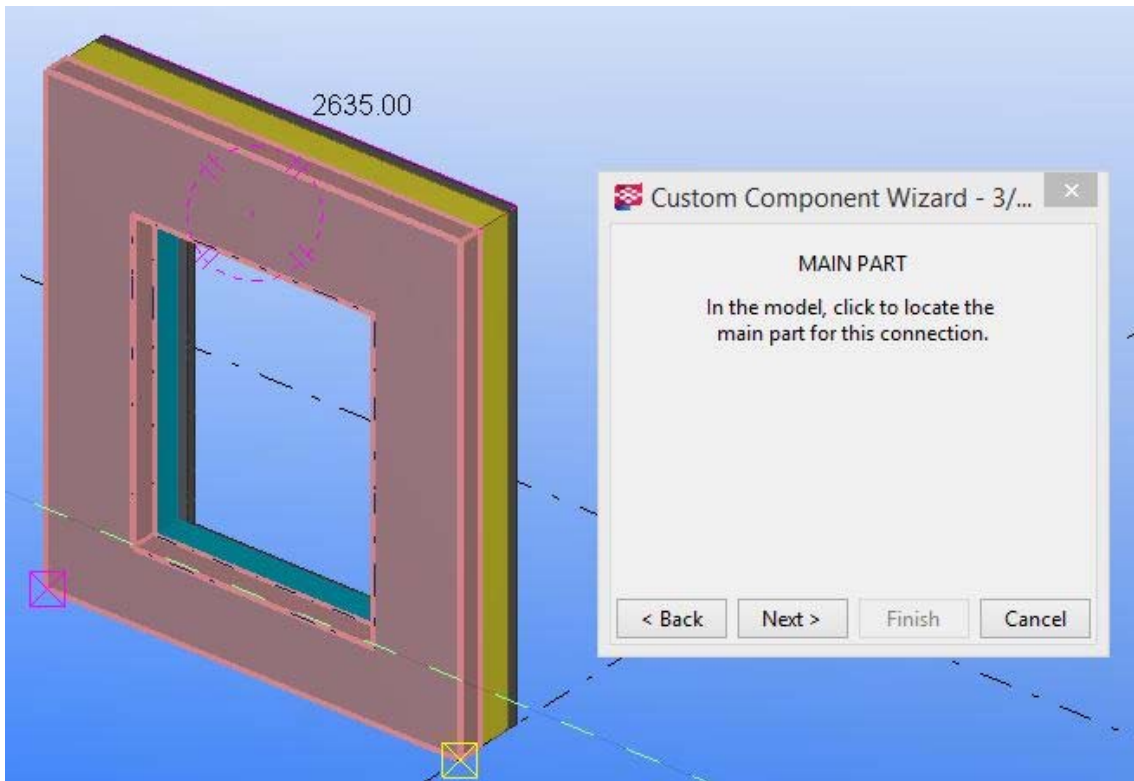
KUVA 21. Custom Component Wizard 1/5

Asetusten jälkeen lähdettiin luomaan objekteja komponentiksi. Tässä vaiheessa seurattiin Custom Component Wizardin ohjeita ja painettiin ikkunasta Next (kuva 21). Näin saatiin auki seuraava ikkuna (kuva 22).

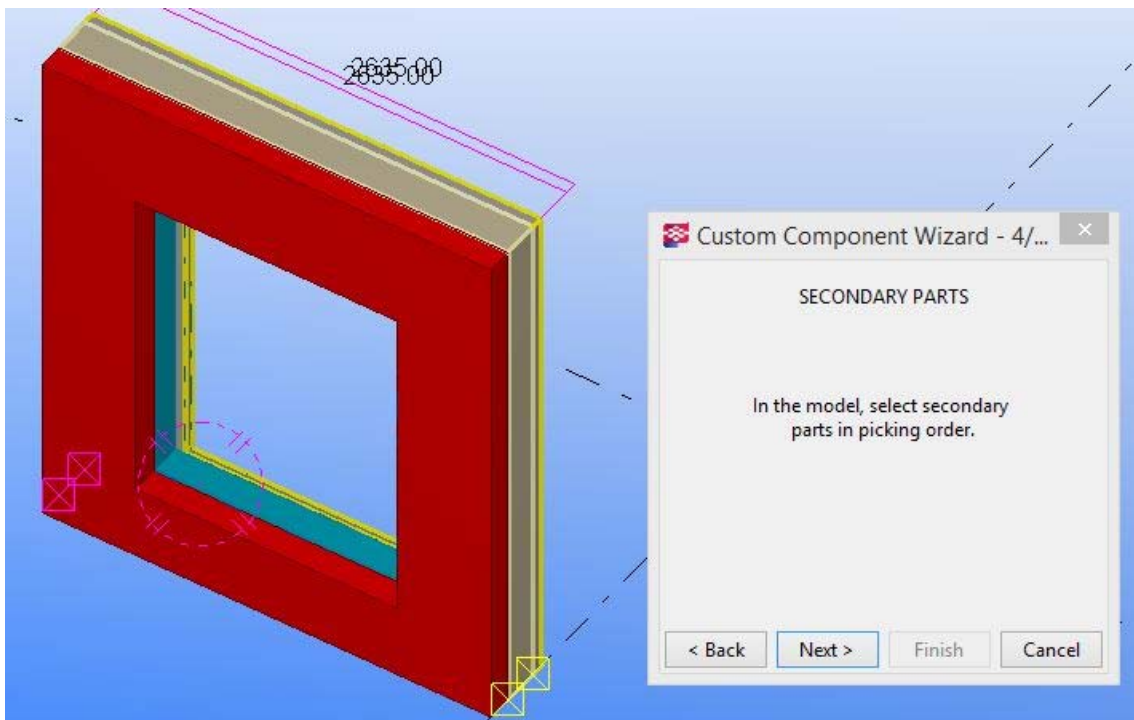


KUVA 22. Custom Component Wizard 2/5

Tässä vaiheessa TS ohjeisti valitsemaan kaikki objektit, jotka haluttiin mukaan komponenttiin. Mallista täytyi maalata kaikki aiemmin mallinnetut objektit valintaan. Harmaana oleva Next-painike (kuva 22) muuttui valinnan jälkeen aktiiviseksi ja painettiin sitä. Tämän jälkeen täytyi määrittää komponentin main part ja secondary partit. Tämä tarkoittaa sitä, että komponentille tuli määrittää pääobjekti ja toisarvoiset objektit. Näillä saatiin määritettyä se, miten komponentti tehdään. Pääobjektiksi valittiin sisäkuori (kuva 23). Toisarvoisiin objekteihin ei valittu kaikkia muita komponenttiin tulevia objekteja, vaan eriste ja ulkokuori (kuva 24). Näin komponentti saatiin toimimaan siten, että luontivaiheessa täytyi valita pelkät betonikuoret ja eriste. Samalla komponentin muut objektit eli karmi-puut, leikot ja vahventeet muodostuivat sandwich-rakenteeseen.

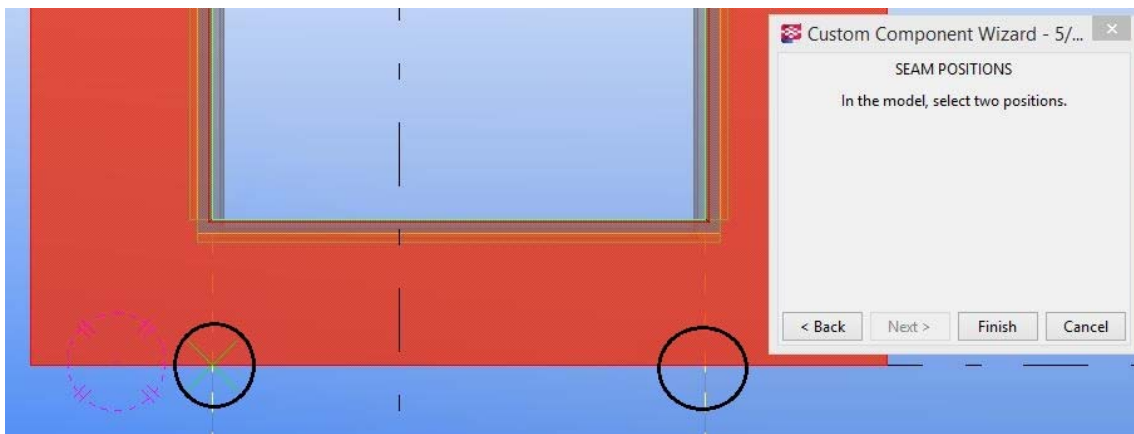


KUVA 23. Custom Component Wizard 3/5, sisäkuori valittuna pääobjektiksi



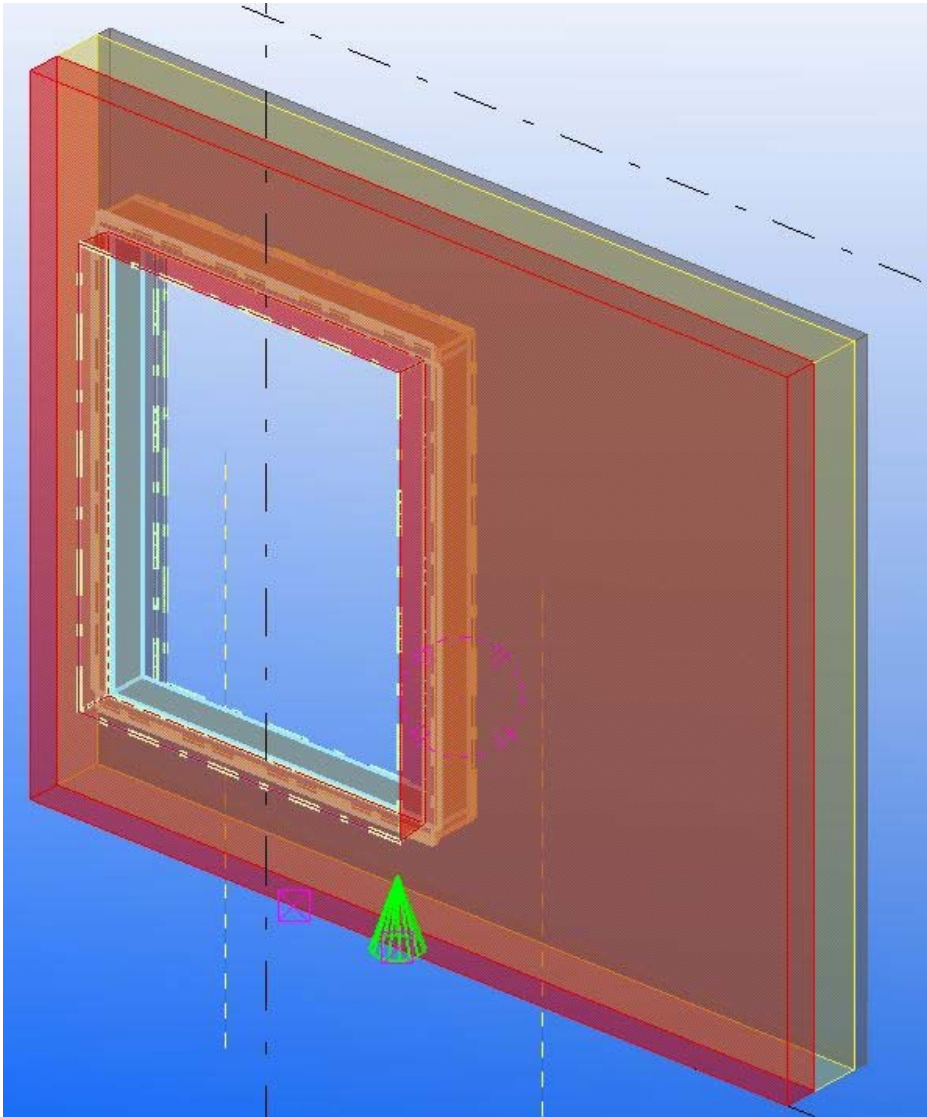
KUVA 24. Custom Component Wizard 4/5, eriste ja ulkokuori valittuna toisarvoisiksi objekteiksi

Viimeisessä custom-komponentin luontivaiheessa tuli valita sen sijoituspisteet. Koska kyseessä oli ikkunakomponentti, joka luo aukon, päädyttiin valitsemaan sijoituspisteiksi karmipuiden sisäpinnat elementin alareunassa (kuva 25). Tämän valinnan ansiosta komponentti luo juuri sen levyisen aukon kuin käyttäjä haluaa. Sijoituspisteet päätettiin sijoittaa elementin alareunaan, jotta käyttäjä voi luoda ikkuna-aukon helpommin. Sijoituspisteet oli jo mietitty ennakkoon, joten mallissa oli tehtynä leikkausnäkömy komponentin objekteista ja apuviivat sijoituspisteitä varten.



KUVA 25. Custom Component Wizard 5/5, komponentin sijoituspisteet korostettuna

Tämän jälkeen komponentti löytyi Component catalogista ja oli valmis käytettäväksi sellaisenaan. Tässä vaiheessa komponentti tekee juuri samanlaiset leikot, karmipuut ja vahventeet, jotka mallinnettiin alussa (kuva 26). Niitä ei voitu säätää muuten kuin komponentin sisällä tai räjäyttämällä komponentin. Komponentti ei sisältänyt tässä vaiheessa vielä mitään toiminnollisuutta eikä älyä. Se ei siis osannut vielä tässä vaiheessa tehdä leikkoja oikein esimerkiksi eri vahvuisiin elementteihin, vaan se teki juuri samanlaiset leikot joko liian ohuina tai paksuina, riippuen kuorien ja eristeen paksuudesta. Komponentti toimi oikein siinä, että se ei luonut kuoria ja eristettä uudelleen, vaikka ne ovatkin osana komponenttia. Jos mallissa on aukoton sandwich-elementti, siihen voidaan tehdä tällä komponentilla ikkuna-aukko mutta siihen ei tule tuplakuoria tai -eristettä.



KUVA 26. Valmis toiminnoton komponentti tehtynä elementtiin

4.2.2 Toiminnollisuuden ja älyn lisääminen komponenttiin

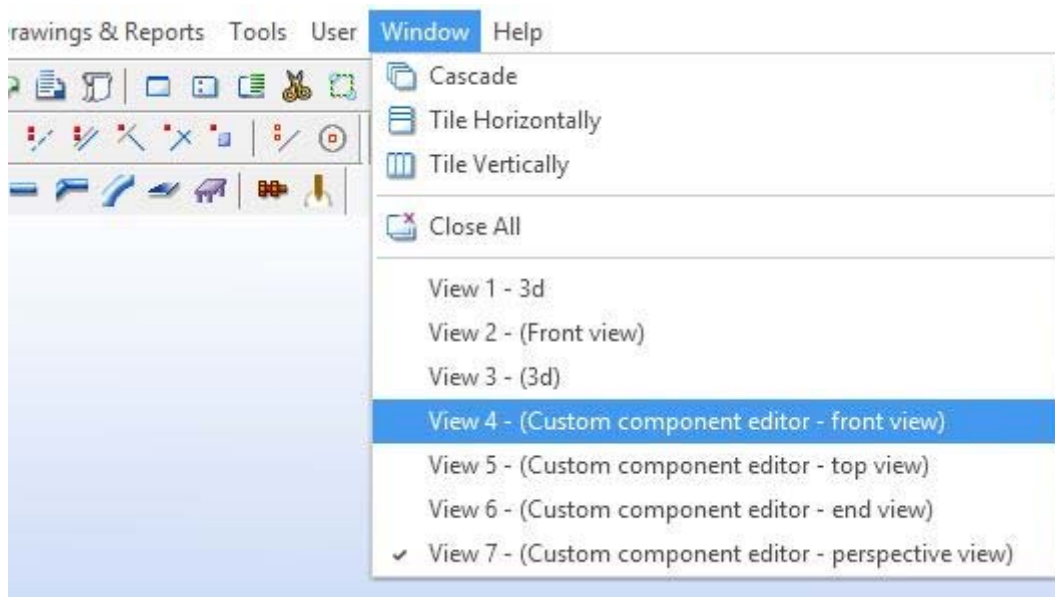
Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda toiminnollinen komponentti, jotta sen käyttö nopeuttaa ja helpottaa julkisivuelementtien aukotusta. Luvussa 4.2.2 selitetään toiminnollisuuden lisääminen pääpiirteittäin, mutta muuttujia ei esitetä tarkasti, koska työn tilaaja näkee ne yrityssalaisuudeksi.

Toiminnollisuus ja äly päästiin lisäämään Custom component editorissa. Valittiin luotu komponentti (kuva 26) aktiiviseksi, painettiin hiiren oikeaa painiketta ja valittiin Edit custom component. TS avasi sen jälkeen Custom component editor –

työkalupalkin automaattisesti (kuva 27). Samalla TS loi näkymät, joissa komponenttia voitiin muokata (kuva 28).

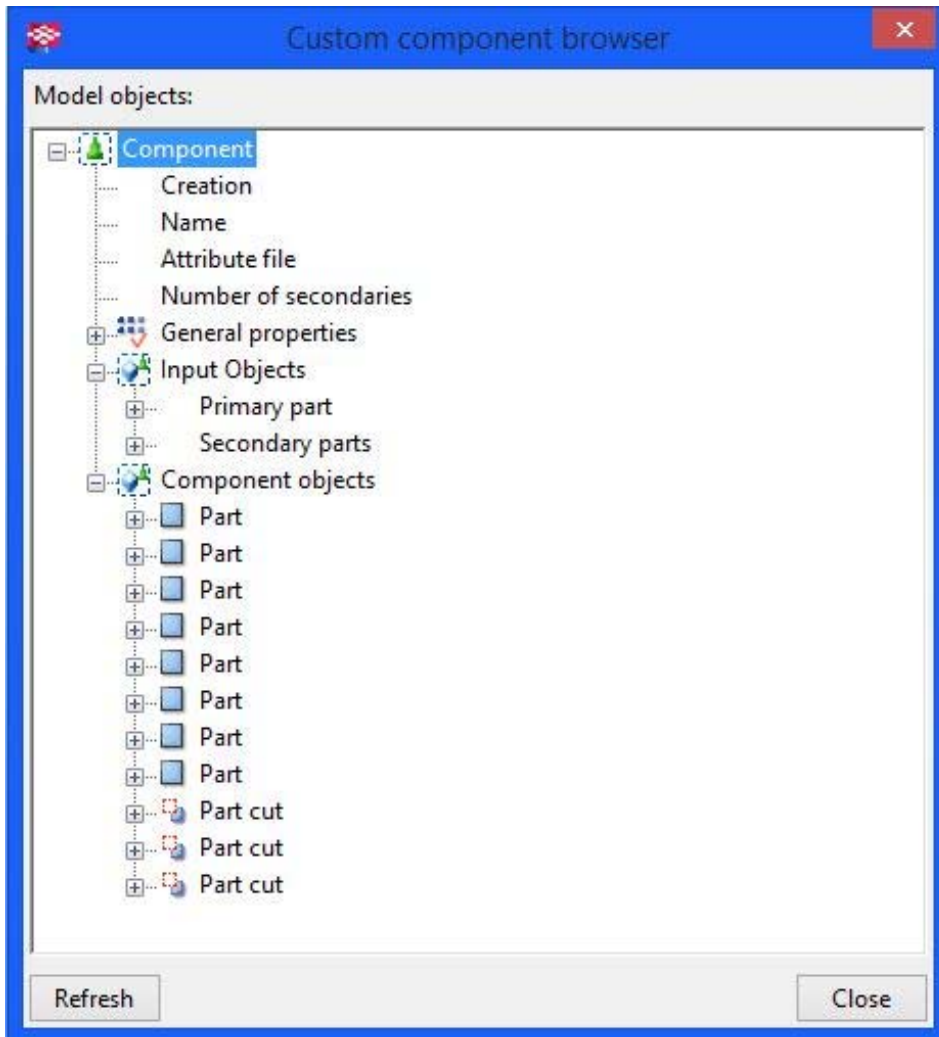


KUVA 27. Custom component editor –työkalupalkki



KUVA 28. Custom component editorin luomat näkymät

Custom component editor näytti kaikki komponentin objektit mukaan lukien kuoret ja eristeen. Editor myös loi valmiiksi komponenttipuun (kuva 29), jota voitiin tarkastella painamalla Display custom component browser -kohtaa Custom component editor -työkalupalkista. Mallipuussa objektit oli jaoteltu eri ryhmiin. Input objects sisälsi komponenttiin mallinnetut kuoret ja eristeen. Ne ovat siis objekteja, joita komponentti ei luo. Component objects sisälsi kaikki muut alussa mallinnetut objektit, jotka komponentti loi oikeasti malliin. Komponenttiin voitaisiin myös tehdä lisää objekteja Custom component editorissa ja mallipuu päivittyisi automaattisesti, mutta komponentista löytyi tässä vaiheessa jo kaikki tarvittava.



KUVA 29. Komponenttipuu

Tässä vaiheessa mietittiin, mitä kaikkea komponentista tuli voida säätää käyttöliittymän kautta. Tärkeimmiksi asioiksi listattiin aukon korkeuden säätäminen, karmipuiden profiilin säätö, aukon alareunan koron säätäminen, vahventeen luominen ja profiilin säätö sekä päästöjen ja viisteiden säätö. Kaikki nämä saatiin tehtyä Custom component editorin Variables-ikkunassa. Variables-ikkunaan voitiin tehdä itse parametrisia muuttujia. Luodaan uusi muuttuja, määritetään mitta tai syötetään kaava, määritetään muuttujan tyyppi, näkyvyys käyttöliittymässä ja otsikko käyttöliittymässä. Esimerkkinä kuvassa 30 on näytetty aukon korkeus -muuttuja. Aukon korkeuteen ei laitettu mitään kaavaa, vaan siihen syötetään aukkoa tehdessä numeraalinen arvo. Visibility-kohtaan laitettiin Show eli se näkyy komponentin käyttöliittymässä. Koska muuttujalle määritetty kaavaa, korkeutta voi muuttaa itse haluamukseen.

Name	Formula	Value	Value type	Variable type	Visibi...	Label in dialog box
P1	1900.00	1900.00	Length	Parameter	Show	Aukon korkeus

KUVA 30. Aukon korkeus, parametrinen muuttuja

Tässä vaiheessa tärkeitä muuttujia lisättiin Variables-ikkunaan satunnaisessa järjestyksessä. Järjestyksellä ei ollut mitään merkitystä, sillä komponentin Dialog Editorin kautta käyttöliittymä saatiin muokattua käyttäjälle sopivaksi. Vaikka parametrisia muuttujia lisättiin, niitä ei sidottu toimimaan komponentin objektien kanssa millään tavalla tässä vaiheessa. Komponentti ei ymmärtänyt muuttujia vielä eikä se siis toiminut niin kuin pitää. Parametriset muuttujat tarvitsivat avukseen mittamuuttujat.

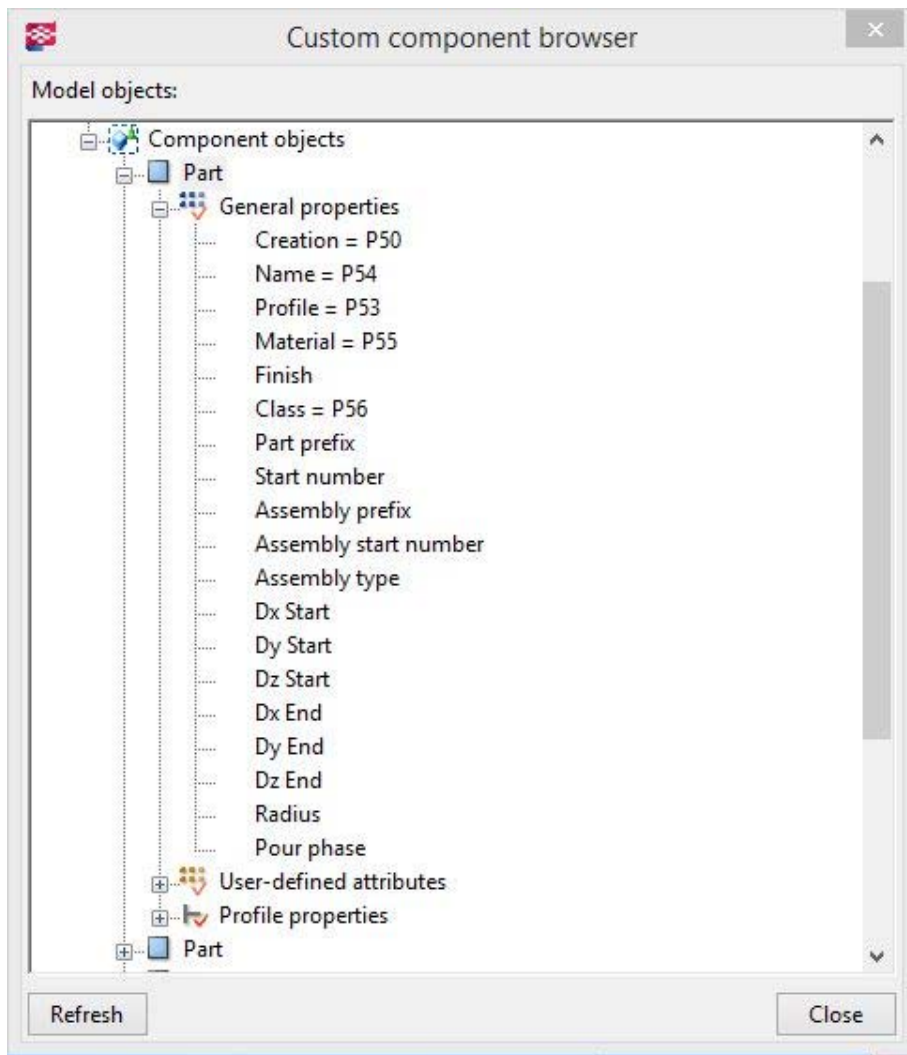
Mittamuuttujat muodostuivat pääasiassa siitä, kun komponentin objektit sidottiin koordinaatistoon. Objektit voitiin sitoa kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tapa oli valita esimerkiksi karmipuu aktiiviseksi ja painaa työkalu palkista Add fixed distance. Sen jälkeen TS käski valita pinnan, johon valitun kappaleen piste sidottiin ja pinnan määrittämisen jälkeen valittiin piste, joka sidottiin koordinaatistoon. Toinen vaihtoehto oli valita suoraan piste aktiiviseksi, painaa oikeaa hiiren näppäintä ja valita Bind to plane. Sen jälkeen valittiin pinta, johon piste haluttiin sitoa. Yksi piste täytyi siis sitoa kolme erillistä kertaa, jotta se saatiin sidottua xyz-koordinaatistoon. Komponentin teossa käytettiin molempia tapoja sitoa pisteitä koordinaatistoon. Kuvassa 31 on esitetty ylävahventeen loppupisteen x-koordinaatin mittamuuttuja. Piste on ensin sidottu johonkin pintaan kiinni ja muuttujan kaavaan (formula) on tullut tietty mitta. Muuttuja ei toiminut tällä tavalla oikein, joten siihen tehtiin kaava, joka hakee arvot parametrisista muuttujista P2 ja P8. Muuttuja määritettiin siten, ettei se näy komponentin käyttöliittymässä. Näillä toimenpiteillä muuttuja saatiin toimimaan siten, että se hakee arvot kahdesta erillisestä muuttujasta, määrää pisteelle niiden mukaan x-suuntaisen sijainnin ja toimii koko ajan noiden kahden parametrisen muuttujan arvojen mukaan. Tämä kaikki tapahtuu piilossa siten, ettei komponentin käyttäjä huomaa.

Name	Formula	Value	Value type	Variable type	Visibi...	Label in dialog box
D54	=P2+P8	1565.00	Length	Distance	Hide	YLÄVAHVENNE_LOPPUP.X

KUVA 31. Loppupisteen x-suuntainen mittamuuttuja

Lisäksi komponentin sisälle voidaan lisätä apuviivoja ja construction planeja Custom component editorin sisällä. Tässä komponentissa käytettiin apuna construction planeja. Osa pisteistä sidottiin kiinni näihin tasoihin, ettei piste hakenut sijaintiaan jostain tietystä elementin kohdasta, vaan se haki sijaintinsa tästä vakiodusta tasosta. Tällä tavalla esimerkiksi ikkunan alareuna ei ole sidottu elementin alareunaan vaan tiettyyn tasoon.

Parametristen ja mittamuuttujien määrittämisen jälkeen komponentti ei toiminut vielä riittävällä tavalla. Tietty objekti ei osannut hakea parametrisia arvoja ilman, että se määrittiin hakemaan se oikeasta muuttujasta. Määrääminen tapahtui komponenttipuussa, jonne syötettiin tarvittavat muuttujat ja tiedot. Kuvassa 32 on esimerkkinä toisen pystykarmin tiedot komponenttipuussa.



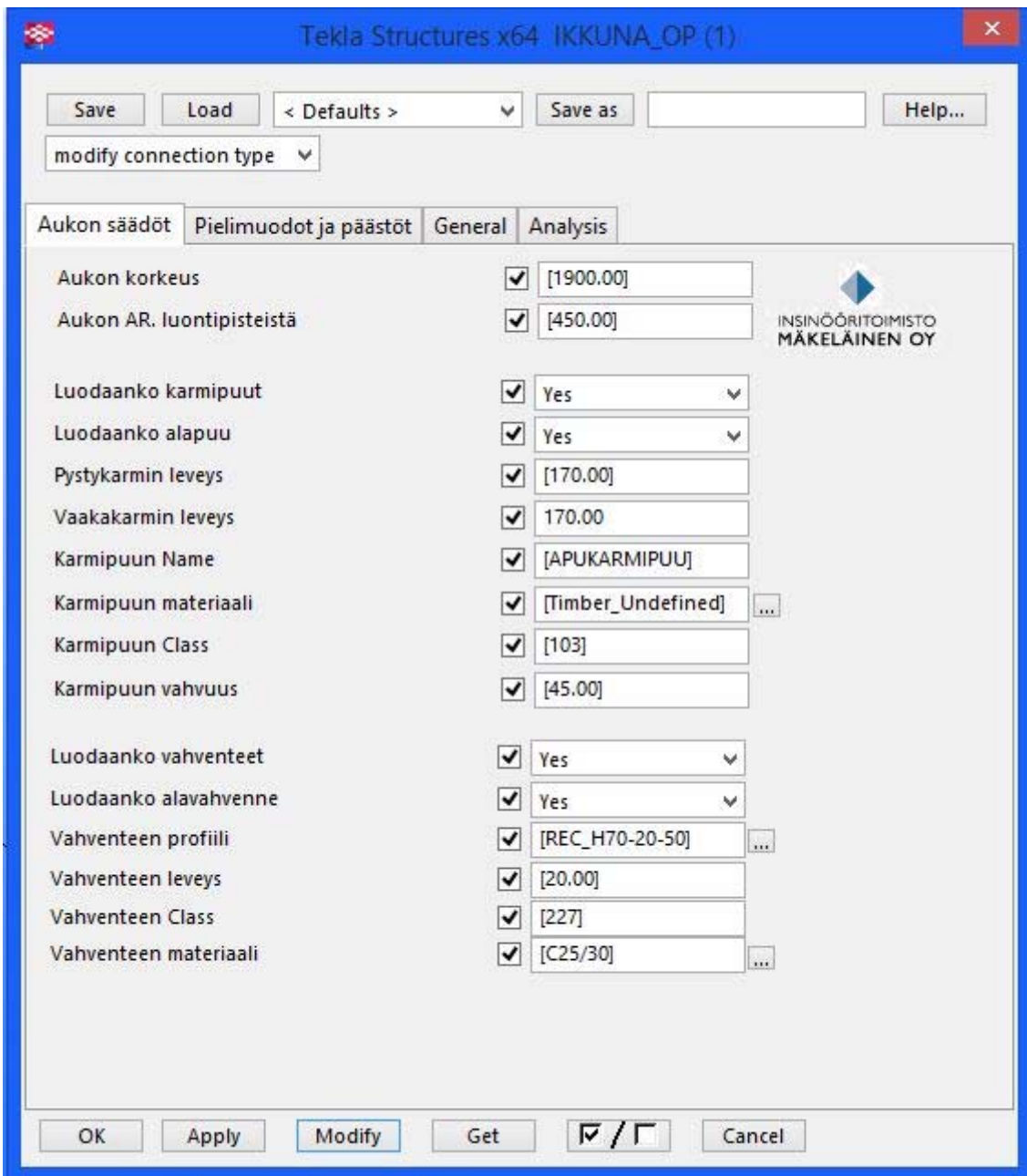
KUVA 32. Pystykarmen tiedot komponenttipuussa

Pystykarmi hakee siis tietoja parametrisista muuttujista P50, P54, P53, P55 ja P56. P50 parametrinen muuttuja on "Luodaanko karmipuu". Tämä muuttuja määritettiin näkyväksi komponentin käyttöliittymässä, joten käyttäjä voi päättää tuleeko komponenttiin karmipuita vai ei. Komponenttipuuhun voitaisiin tehdä myös kokonaan omia kaavoja, mutta tässä komponentissa kaikki tarvittava tehtiin Variables-ikkunan muuttujilla ja objektit määrättiin hakemaan tiedot muuttujien kautta. Komponenttia ei saatu siis toimimaan pelkillä muuttujilla vaan se tarvitsi avukseen komponenttipuuta, jossa kaikki tarvittavat määräykset tehtiin.

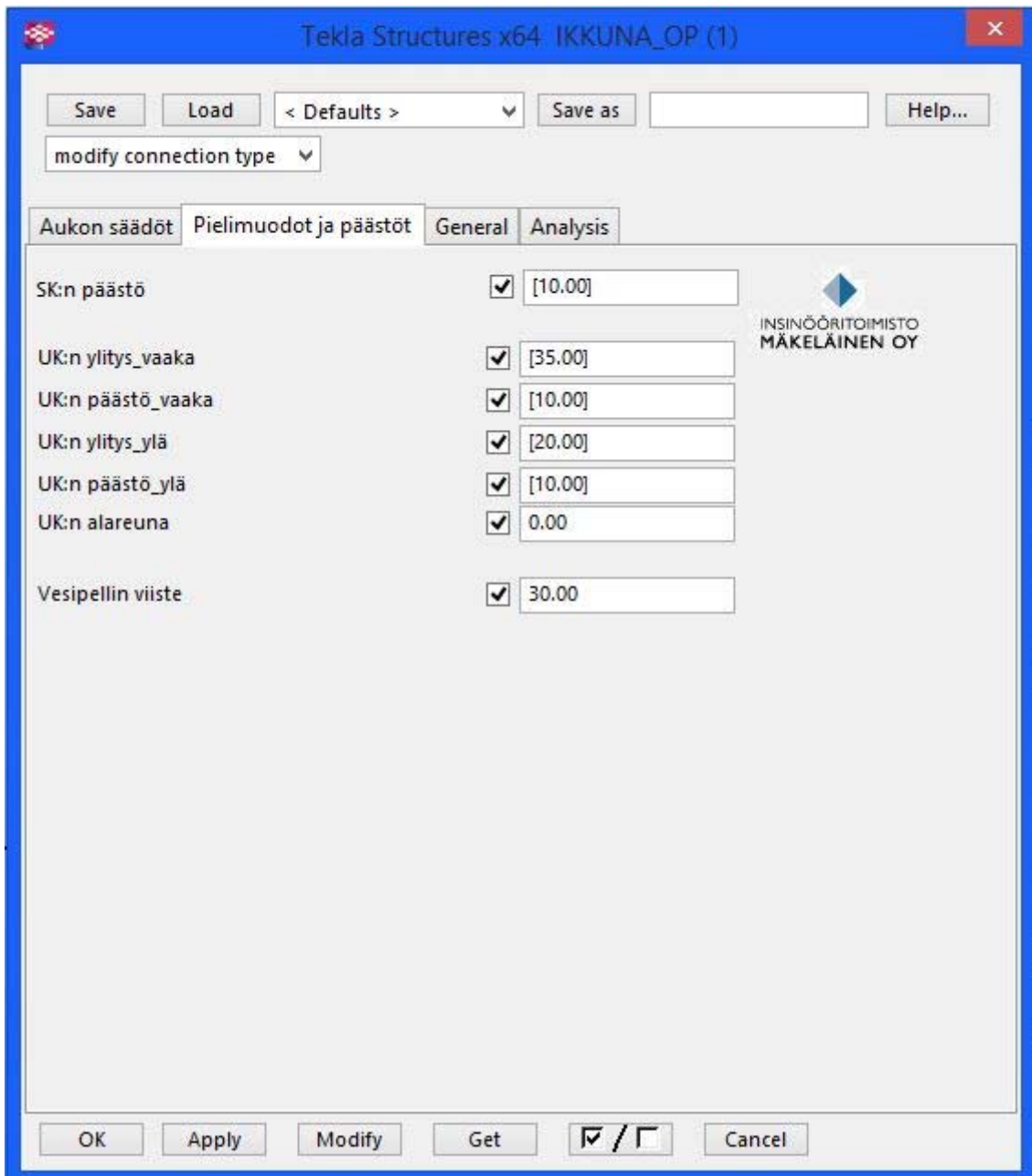
Muuttujien ja määräysten jälkeen täytyi muokata vielä dialog box eli komponentin käyttöliittymä (kuvat 33 ja 34) mahdollisimman selkeäksi ja nopeaksi käyttää. Komponentista täytyi siis tehdä käyttäjäystävällinen. Käyttöliittymää päästiin

muokkaamaan, kun valittiin mallin puolella komponentti aktiiviseksi, painettiin oikeaa hiiren painiketta ja valittiin Edit custom component dialog box. Tässä komponentissa päädyttiin tekemään kaksi erillistä välilehteä, joissa käyttäjä pääsee muokkaamaan ikkunaa. Ensimmäiselle välilehdelle määritettiin komponentin pääasiat ja toiselle välilehdelle piilien ja päästöjen säädöt. Komponentin käyttöliittymässä näkyi vain ne asiat, jotka määritettiin näkyväksi Custom component editorin muuttujissa. Käyttöliittymää selkeytettiin myös jaotteleamalla osakokonaisuudet erilleen toisistaan, että kaikki säädöt eivät ole yhdessä pötkössä. Näin käyttäjä saa heti kuvan, että tietty rypäs käyttöliittymässä koskee yhtä ja samaa asiaa. Lisäksi käyttöliittymään säädöt laitettiin lukkoon, jotta Custom component editorissa tekemät muokkaukset eivät tule automaattisesti siihen. Tämä tehtiin sen takia, ettei komponentin käyttöliittymä muutu millään tavalla, jos joku yrityksen työntekijä muokkaa komponenttia.

Tämän jälkeen komponentti suojattiin salasanalla, jotta se ei pääse leviämään yrityksen ulkopuolelle. Joissain projekteissa työn tilaaja jakaa mallia natiivimuodossa eli toiset osapuolet pääsevät TS:lla muokkaamaan mallia. Jos malli sisältää komponentilla tehtyjä ikkunoita, toiset osapuolet saavat komponentin käyttöönsä. Salasanalla suojattiin se, jotta muut eivät pääse tarkastelemaan, millä muuttujilla komponentti on saatu toimimaan oikein, eikä kukaan pääse sitä muokkaamaan. Kaiken varmistukseksi käyttöliittymään lisättiin yrityksen logo, jotta kukaan muu osapuoli ei voi väittää komponenttia omakseen.



KUVA 33. Komponentin käyttöliittymä, aukon säädöt



KUVA 34. Komponentin käyttöliittymä, pielimuodot ja päästöt

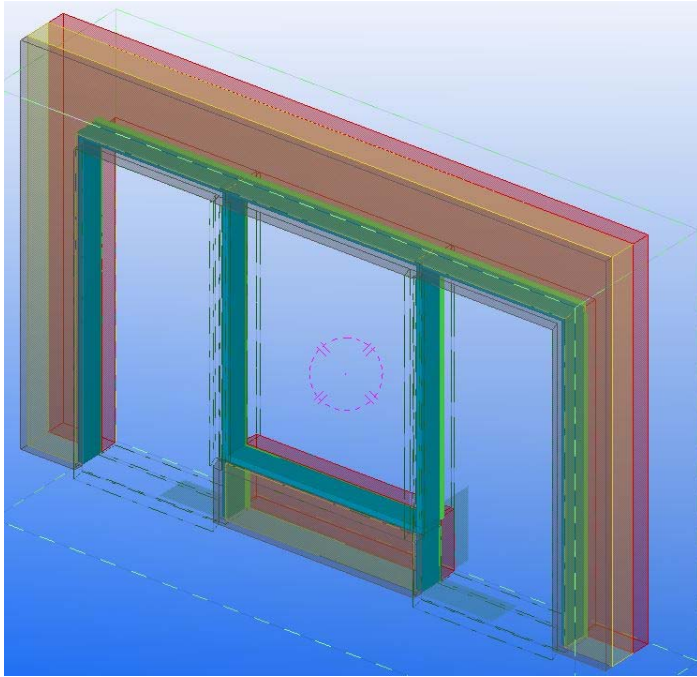
4.3 Parvekkeen taustaseinäelementtien aukotuskomponentti

Ikkunakomponentin valmistumisen jälkeen aloitettiin parvekkeen taustaseinäelementtien aukotuskomponentin luominen. Heti alkuun mietittiin, mitä eroavaisuuksia se tuo komponenttiin. Komponentilla tuli voida säätää ikkuna- ja ovi-aukon pielimuotoja erikseen. Käyttäjällä täytyi olla mahdollisuus määrittää, teh-

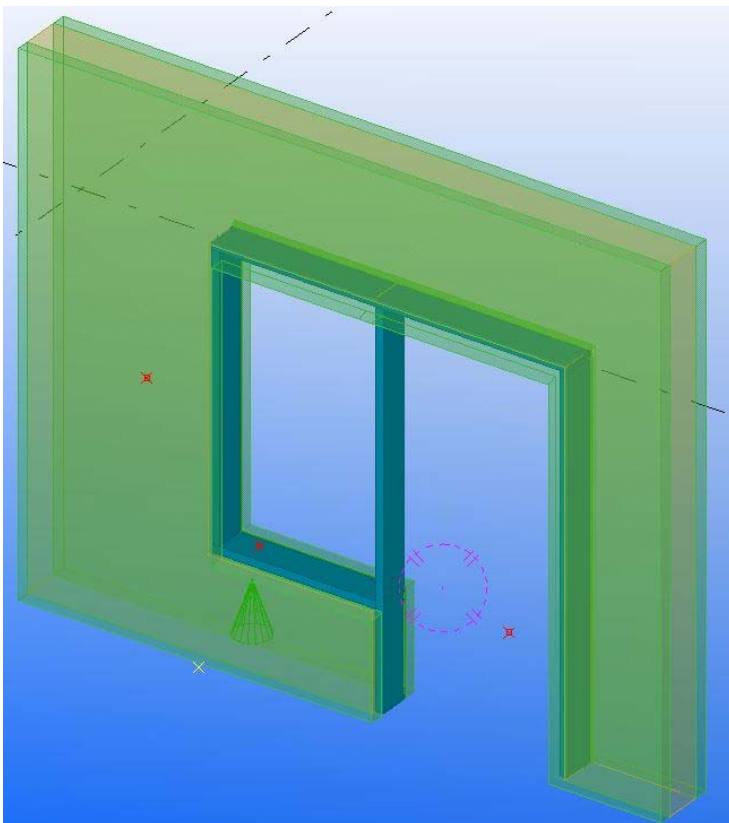
däänkö ovi oikealle vai vasemmalle puolelle ikkuna-aukkoa ja kuinka leveä oviaukosta tehdään. Komponentin tuli tehdä oviaukko kiinni ikkunaan eli se käyttää samaa apukarmipuuta kuin ikkuna.

Komponenttia ei lähdetty luomaan tyhjältä pöydältä vaan ikkunakomponentin pohjalta. Alkuun avattiin ikkunakomponentti Custom component editoriin ja tallennettiin se eri työnimellä. Näin mallissa oli kaksi eri komponenttia, jotka tässä vaiheessa olivat kuitenkin identtiset.

Oviaukon luontiin tarvittavat lisäobjektit mallinnettiin Custom component editorin sisällä. Alkuun tehtiin oviaukolle tarvittavat objektit toiselle puolelle aukkoa ja objektit sidottiin samalla tavalla koordinaatistoon kuin ikkunakomponentin objektit. Komponentin luonti meni samalla periaatteella kuin ikkunakomponentin, mutta muuttujia tuli huomattavasti enemmän. Oven kätisyyden vaihtoa alettiin miettiä vasta sen jälkeen, kun oviaukon luonti ja säätäminen onnistui. Tässä komponentissa päädyttiin toteuttamaan oviaukon puolen määrittäminen Yes/No-lausekkeilla Custom component editorin muuttujissa. Komponentti sisältää siis valmiiksi kaksi oviaukkoa (kuva 35), mutta objektien tekeminen määritettiin muuttujissa ja komponenttipuussa siten, ettei ylimääräisiä objekteja tule mallin puolelle (kuva 36).

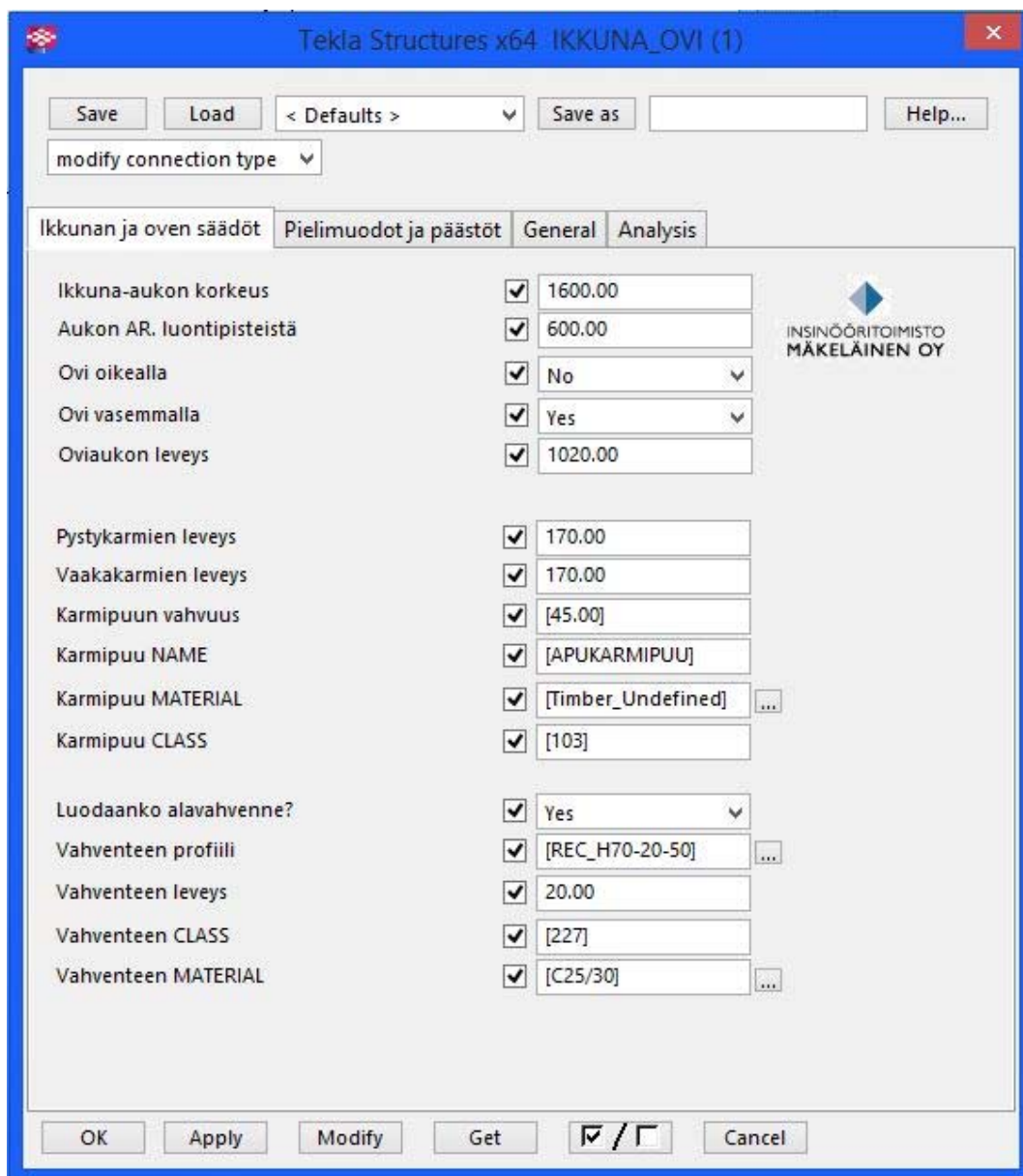


KUVA 35. Komponentin näkymä Custom component editorissa

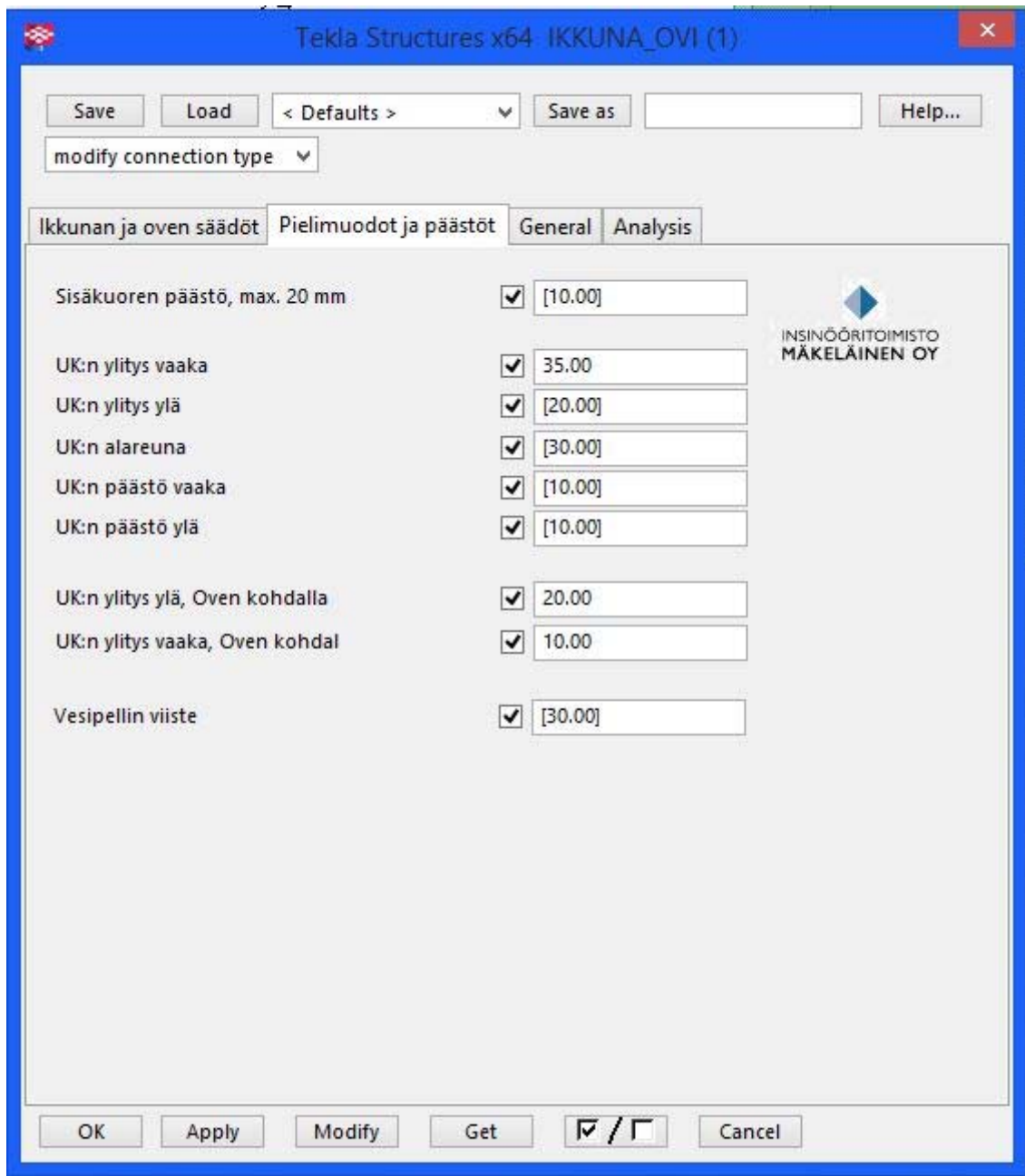


KUVA 36. Komponentti mallin puolella

Tämänkin komponentin käyttöliittymä muokattiin mahdollisimman nopeaksi käyttää. Käyttöliittymän (kuvat 37 ja 38) muokkaus tehtiin vasta siinä vaiheessa, kun komponentti toimi oikein ja käyttäjä pystyi määrittämään kaiken tarpeellisen. Käyttöliittymän periaatteiksi valikoitiin samat asiat kuin ikkunakomponentissa. Kaikki aukkoihin liittyvä laitettiin ensimmäiselle välilehdelle ja pieliuotojen sekä päästöjen säädöt toiselle välilehdelle. Tämäkin komponentti suojattiin salasanalla täysin samoista periaatteista kuin ikkunakomponentti.



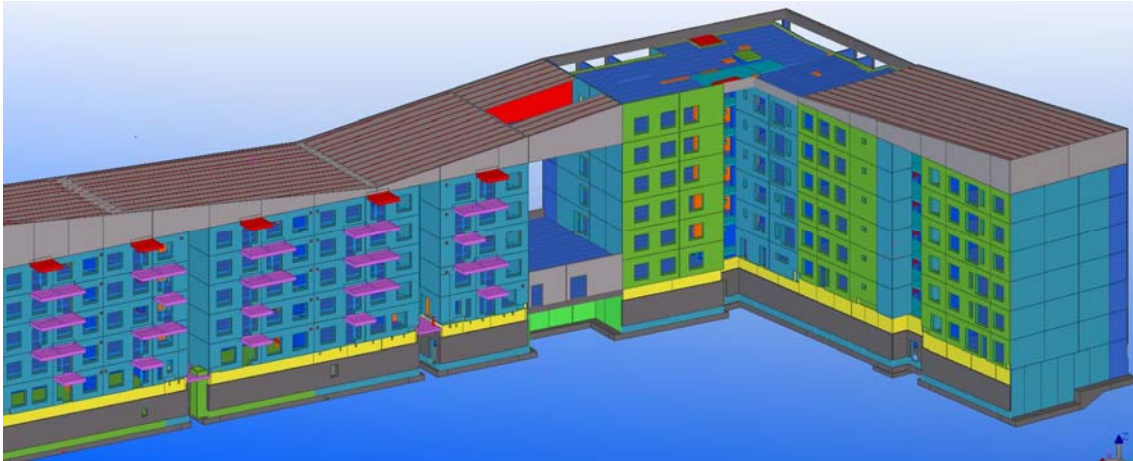
KUVA 37. Parvekkeen taustaseinäelementin aukotuskomponentin käyttöliittymä, ikkunan ja oven säädöt



KUVA 38. Parvekkeen taustaseinäelementin aukotuskomponentin käyttöliittymä, pielimuodot ja päästöt

4.4 Komponentin koekäyttö

Komponentin koekäyttö suoritettiin kohteen As Oy Helsingin Kahvitauko (kuva 39) raakamallinnusvaiheessa. Kahvitauko on osa Helsinkiin rakennettavaa Arabica-korttelia. Raakamallinnusvaiheessa elementtien päästöt ja pielimuodot eivät ole vielä totuudenmukaiset vaan tarkentuvat myöhemmässä vaiheessa.



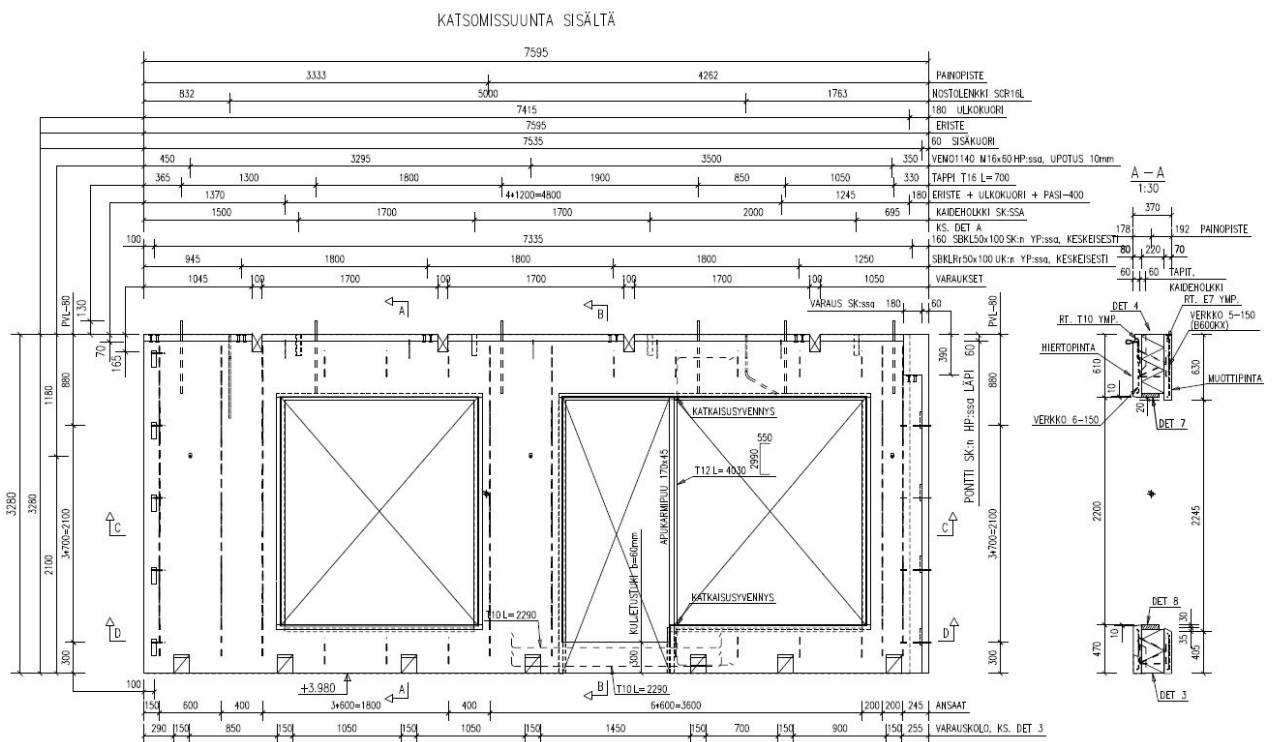
KUVA 39. As Oy Helsingin Kahvitauko, Arabica-kortteli

As Oy Helsingin Kahvitaun elementtiurakka-aineistoa varten elementit mallinnettiin aukkoja myöten arkkitehdin mukaan. Elementtejä mallintamassa oli Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy:n rakennesuunnittelija Joel Karjalainen. Elementtiurakka-aineistovaiheessa Karjalaisen käytössä oli kehitysversio ikkunakomponentista eli lopullinen komponentti viimeisteltiin käyttäjäkokemusten perusteella.

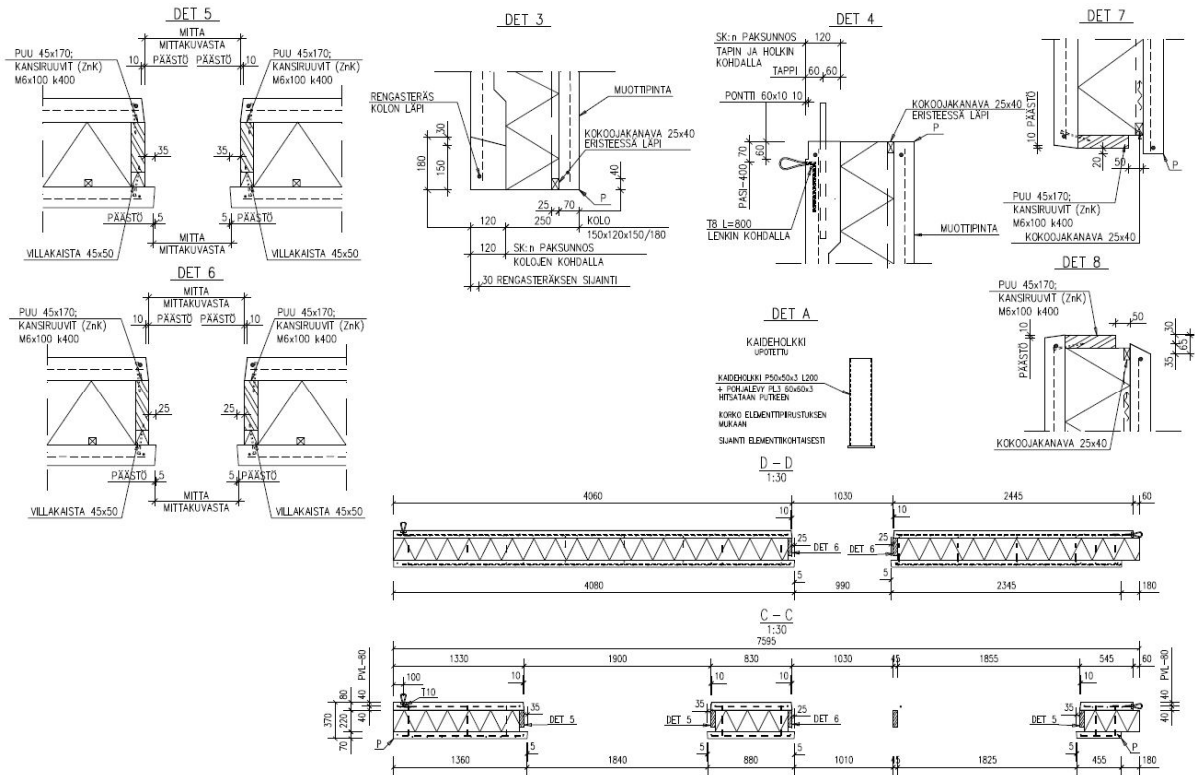
Karjalaisen kokemusten mukaan komponentin käyttö nopeuttaa elementtien aukotusta huomattavasti. Aiemmin elementin mallintajan täytyi tehdä leikot yksitellen jokaiseen kuoreen ja samalla miettiä aukon päästöt sekä pielidetalljiikka kuntoon. Lisäksi tuli mallintaa karmipuut ja vahventeet yksitellen. Komponentilla aukkojen teko nopeutui huomattavasti, kun se teki kaikki edellä mainitut asiat muutamalla hiiren painalluksella.

Koekäytön aikana löytyi myös muutamia parannettavia asioita komponenttiin. Koekäytössä olleessa komponentissa ei pystynyt säätämään vesipellin viistettä eikä ulkokuoressa olevan aukon alareunan korkoa eri tasoon kuin karmipuu on. Tästä syystä johtuen Karjalainen joutui räjäyttämään komponentin ja muokkaamaan leikoista erilaisia, koska komponentin käyttöliittymän kautta muutosten teko ei onnistunut. Lisäksi komponentin käyttöliittymä olisi voinut olla selkeämpi käyttäjän näkökulmasta. Raakamallinnusvaiheessa komponentin käyttöliittymää ei oltu jaoteltu aiheittain vaan kaikki säädöt olivat samalla välilehdellä ja pötkössä.

Komponentin tarkoitus on toimia komponenttina ilman, että käyttäjän tarvitsee sitä räjäyttää. Käyttäjökokemusten pohjalta komponenttiin lisättiin säätömahdollisuuksia ja käyttöliittymää selkeytettiin. Muutosten jälkeen käyttöliittymässä on enemmän säätömahdollisuuksia, jotta käyttäjän ei tarvitse räjäyttää komponenttia. Vaikka käyttöliittymään tuli enemmän säätöjä, sen käyttö on helpompaa käyttöliittymän jaottelun ansiosta. Lopputuloksena syntyi raportissa esitelty ikkunakomponentti, jonka pohjalta luotiin parvekkeen taustaseinäelementtien aukotuskomponentti. Kuvissa 40 ja 41 on esitetty elementin valmistuskuvasta otteet, jossa ikkuna- ja oviaukot on tehty luoduilla komponenteilla.



KUVA 40. Parvekkeen taustaseinäelementin valmistuskuva, naamakuva ja pystyleikkaus



KUVA 41. Parvekkeen taustaseinäelementin valmistuskuva, detaljit ja vaaka-leikkaukset

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda työskentelyä nopeuttava, työn mielekkyyttä lisäävä ja säädettävä komponentti julkisivuelementtien aukotukseen. Komponentilla piti pystyä säätämään ylä-, ala- ja sivupieliä käyttöliittymän kautta. Lisäksi tavoitteena oli ylä- ja alakarmipuun leveyden säätö eri levyiseksi kuin pystykarmipuut, jotta villaeristeisen sandwich-elementin tuuletus saadaan hoidettua. Näiden tavoitteiden lisäksi komponentilla piti pystyä tekemään betoni-vahvenne sisäkuoreen aukon ympäri.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi kaksi toimivaa komponenttia Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy:n käyttöön. Ensimmäisellä komponentilla voidaan luoda ikkunoita julkisivuelementteihin, joissa ei ole oviaukkoa ikkunan vieressä. Toisella komponentilla voidaan tehdä oviaukko ja ikkuna vierekkäin ja päättää, kummalle puolelle ikkunaa oviaukko luodaan. Kaikki opinnäytetyölle asetetut tavoitteet täyttyivät, joten lopputulosta voidaan pitää onnistuneena. Tässä vaiheessa komponentista jäi pois kuljetustuen lisääminen julkisivuelementtiin. Tämä tullaan tekemään mahdollisimman nopeasti, jotta käyttäjän ei tarvitse mallintaa kuljetustukea erikseen vaan sen voi lisätä käyttöliittymän kautta yhdellä hiiren painalluksella.

Toimiviin komponentteihin päädyttiin todella monen erehdyksen kautta. Komponentin luominen onnistui ilman suurempia epäonnistumisia, mutta komponentin toiminnollisuuden luomisessa otettiin välillä askel eteenpäin ja kaksi taakse. Toiminnollisuus lisättiin ja tuotettiin objekti objektilta ja välissä käytiin mallin puolella testaamassa, toimiiko se oikein. Välillä kaikki näytti hyvältä Custom component editorissa, mutta mallin puolella komponentti ei toiminut millään tavalla. Se ei välttämättä totellut käyttöliittymän kautta tehtyjä muutoksia tai saattoi sijaita väärässä paikassa ja kaikkea siltä väliltä.

Työssä tuotetut komponentit myös osoittavat mihin suuntaan mallinnusta kannattaa ja tulee yritysten viedä. Mallinnusta helpottavien komponenttien tekemi-

nen on luultavasti suurin yksittäinen tekijä mallinnuksen nopeuttamiseksi. Komponentit voivat olla yksinkertaisia ja yhteen ainoaan projektiin tehtyjä tai sellaisia, jotka sopivat käytettäväksi useissa eri projekteissa.

Aloitin opinnäytetyön tekemisen jo tammikuussa 2015 perehtymällä aiheeseen ja kasaamalla lähteitä. Pohjalla ollut Tekla Structuresin perusteet -opintojakso ei ollut missään nimessä riittävä näin monimutkaisen komponentin luomiseen. Opinnäytetyö olikin etenemättä pitkän aikaa, koska työskentelin Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy:n palveluksessa samaan aikaan ja opettelín samalla Tekla Structuresin käyttöä.

Ilman omaa halua opiskella, oppia ja kehittyä Tekla Structuresin käytössä näistä komponenteista ei olisi tullut näin onnistuneita. Suurin yksittäinen tekijä onnistuneisiin komponentteihin on Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy:n tietomallinnuspäällikkö Jakke Karjalainen. Ilman Jaken tietotaitoa ja neuvoja olisin jäänyt monta kertaa umpikujaan komponenttia kehittäessä. Myös Jaken kriittisyys komponentin suhteen edesauttoi sitä, ettei asioita tehty niin kuin ne on helppoin tehdä, vaan niin kuin komponentista tulee mahdollisimman hyvä.

Kriittisesti ajatellen komponentit ovat yksipuolisia, mutta toimivia työn tilaajan käytössä. Ne toimivat vain, jos elementti on tehty juuri Concrete panel -työkallulla. Komponenttia kehittäessä rupesin ajattelemaan yrityksen mallinnuskäytäntöjä kriittisemmin ja kiinnostus mallinnuksen kehittämiseen nousi uudelle tasolle. Näiden komponenttien jatkoksi voitaisiin kehittää esimerkiksi sandwich-elementtikomponentti, jossa luodut komponentit toimivat. Yksinkertaisen sandwich-elementtikomponentin luominen kävisi nopeasti ja se nopeuttaisi mallintamista lisää. Myös monia muita työskentelyä nopeuttavia komponentteja voitaisiin kehittää yrityksen käyttöön.

LÄHTEET

1. Edistyksellisiä ohjelmistoja rakennuslalle. Trimble Solutions Corporation 2015. Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/tietoa-meista/lyhyesti>. Hakupäivä 15.1.2015.
2. Tekla Structures. 2016. Trimble Solutions Corporation. Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>. Hakupäivä 2.2.2016.
3. Tekla Structures ohjelmistokokoonpanot. 2016. Trimble Solutions Corporation. Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures/ohjelmistokokoonpanot>. Hakupäivä 11.7.2016.
4. Tekla Structures Full – kaikki toiminnallisuudet. 2016. Trimble Solutions Corporation. Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures/ohjelmistokokoonpanot/tekla-structures-full-%E2%80%93-kaikki-toiminnallisuudet>. Hakupäivä 11.7.2016.
5. What is a custom component. 2013. Tekla User Assistance. Saatavissa: http://teklastructures.support.tekla.com/190/en/det_cc_what_is_cc. Hakupäivä 9.3.2015.
6. About creating custom components. 2016. Tekla User Assistance. Saatavissa: http://teklastructures.support.tekla.com/190/en/det_cc_about_creating_custom_components. Hakupäivä 12.7.2016.
7. Exploding components. 2013. Tekla User Assistance. Saatavissa: http://teklastructures.support.tekla.com/190/en/det_cc_exploding_components. Hakupäivä 12.7.2016.
8. Creating a custom component. 2013. Tekla User Assistance. Saatavissa: http://teklastructures.support.tekla.com/190/en/det_cc_creating_custom_component. Hakupäivä 12.7.2016.

9. Custom component types. 2013. Tekla User Assistance. Saatavissa: http://teklastructures.support.tekla.com/190/en/det_cc_custom_component_types. Hakupäivä 12.7.2016.
10. Julkisivujärjestelmät. 2016. Betoniteollisuus Ry. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat>. Hakupäivä 13.7.2016.
11. Julkisivuelementtien suunnittelu. 2010. Betoniteollisuus Ry. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/julkisivuelementtien-suunnittelu>. Hakupäivä 13.7.2016.
12. By 50 Betoninormit. 2004. Suomen Betoniyhdistys r.y. Suomen Betonitieto Oy. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2004.
13. D3 (2012). 2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.
14. Karjalainen, Jakke 2016. Tietomallinnuspäällikkö, Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy. Haastattelu 13.7.2016.
15. Seinäliitokset. 2016. Betoniteollisuus Ry. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/liitokset/seinaliitokset>. Hakupäivä 14.7.2016.
16. Lausunto Nro PALO/1638/2008. 2008. Lausunto enintään kahdeksankerroksisen P1-luokan rakennuksen betoniulkoseinän lämmöneristeenä käytettävän polyuretaanin paloteknisestä toiminnasta. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.