

Henri Heikkinen

KATTOELEMENTTIKOMPONENTTI TEKLA STRUCTURESIIIN

KATTOELEMENTTIKOMPONENTTI TEKLA STRUCTURESIIN

Henri Heikkinen
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, Rakennesuunnittelu

Tekijä: Henri Heikkinen

Opinnäytetyön nimi: Kattoelementtikomponentti Tekla Structuresiin

Työn ohjaajat: Ari Oikarinen (Oulun ammattikorkeakoulu), Jakke Karjalainen (Insinööri-toimisto Mäkeläinen Oy)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: 50

Tietomallintaminen on tärkeä osa nykypäivän suunnittelutyötä. Rakennusten mallintamista varten on kehitetty tietomallinnusohjelmia, joista yksi on Tekla Structures. Tekla Structuresista löytyy erilaisia komponentteja, jotka nopeuttavat ja helpottavat mallintamistyötä. Kaikkiin tarkoituksiin ei komponentteja kuitenkaan ole olemassa, jolloin tarvittava komponentti joudutaan luomaan itse.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda helppokäyttöinen ja tarpeisiin sopiva kattoelementtikomponentti Tekla Structuresiin. Komponentin rakenteiden tuli vastata Takuuelementti Oy:n kattoelementtien rakenteita ja mittoja. Käyttöliittymän avulla tuli pystyä määrittämään kattoelementin mitat, rakenteiden dimensiot ja materiaalit sekä joidenkin rakenneosien olemassaolo.

Komponentin luominen aloitettiin tyhjästä tietomalliin mallintamalla ensin todellinen kattoelementti todellisilla rakenteilla ja materiaaleilla. Mallintamisen jälkeen erilliset objektit liitettiin yhtenäiseksi komponentiksi Custom component wizardin avulla. Toiminnollisuus lisättiin komponenttiin Custom component editorin kautta luomalla muuttuvia parametreja ja sitomalla objekteja toisiinsa. Komponentin säädettävillä objekteilla määrättiin parametrit Custom component browser -valikon kautta. Toiminnollisuuden lisäämisen jälkeen muokattiin käyttöliittymä esittämään muokattavat parametrit, joita muuttamalla käyttäjä voi vaikuttaa elementin rakenteeseen.

Opinnäytetyönä luotiin Tekla Structures -ohjelmistossa toimiva, perusgeometrian omaava puurakenteinen muokattava kattoelementtikomponentti Insinööri-toimisto Mäkeläinen Oy:lle. Kattoelementtikomponentin rakenne ja mitat määrytyvät käyttöliittymään annettujen parametrien mukaan.

Asiasanat: Tekla Structures, kattoelementti, Custom-komponentti

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, Structural Engineering

Author: Henri Heikkinen

Title of thesis: Roof element component for Tekla Structures

Supervisors: Ari Oikarinen (Oulun ammattikorkeakoulu), Jakke Karjalainen (Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy)

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018 Pages: 50

3D Construction modelling plays a big part in today's construction industry. Many 3D construction modelling software have been developed to help creating a 3D model. One of these software is called Tekla Structures. Tekla Structures has many different type of components which ease the modelling job. However there is not ready component for all modelling purposes. In this case the user has to develop his own component for the purpose.

The meaning of this thesis was to create a smoothly usable roof element component for Tekla Structures which fulfills the needs of usability for the purpose. The structures and dimensions of the component had to match the roof elements made by Takuelementti Oy. Modifying parameters in user interface had to affect structures of roof element, such as length of element, dimensions of parts, material of parts and existence of certain parts.

Creating of the component was started by modelling a real roof element in 3D model with real dimensions and materials. The objects of the roof element were connected as a component by using Custom component wizard. Functionality of component was added to the component by using Custom component editor. The parts were tied to each other and parameters were created for parts. The parameters were added by using Custom component browser. After adding functionality to component was done, the user interface was edited to allow the user to modify certain parameters which affects structure of the roof element.

As the result roof element component with basic geometry was created to be used in Tekla Structures for Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy. The component has certain parameters in user interface that are accessed by user, which affect structure and dimensions of the roof element.

Keywords: Tekla Structures, roof element, Custom-component

ALKULAUSE

Haluan kiittää Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy:tä tämän opinnäytetyön mahdollistamisesta sekä erityisesti Jakke Karjalaista opinnäytetyön ohjauksesta ja oman ammattitaidon jakamisesta.

Sotkamossa 15.1.2018

Henri Heikkinen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	7
2 TEKLA STRUCTURES	8
2.1 Tekla Structuresin ohjelmistokokoonpanot	8
2.2 Tekla Structures Custom -komponentit ja niiden luominen	11
3 TAKUUELEMENTTI OY:N KATTOELEMENTTI	15
3.1 Takuuelementti Oy	15
3.2 Kattoelementin rakenne	16
3.3 Kattoelementin rakennusmateriaalit	17
3.3.1 Puutuotteet	17
3.3.2 Levytuotteet	23
3.3.3 Lämmöneristeet	26
3.3.4 Vedeneristetuotteet	27
3.3.5 Höyrynsulku	31
4 KATTOELEMENTTIKOMPONENTIN LUOMINEN	33
4.1 Komponentin ominaisuuksien rajaus ja suunnittelu	33
4.2 Puurakenteinen kattoelementtikomponentti	34
4.2.1 Komponentin luominen	37
4.2.2 Toiminnollisuuden ja älyn lisääminen komponenttiin	39
5 YHTEENVETO	47
LÄHTEET	48

1 JOHDANTO

Tietomallintaminen on tärkeä osa nykyajan rakennustuotantoa ja -suunnittelua. Tietomalli on kolmiulotteinen ja yksityiskohtainen malli rakennuksesta. Eri alojen suunnittelijat voivat työstää malleja samanaikaisesti, ja malleja voidaan päivittää ja kehittää aina rakennuksen tuotantoon asti. Tietomalliohjelmistoja tarjoavilla yrityksillä on monia erilaisia ohjelmiston sisäisiä komponentteja ja työkaluja, joilla voidaan nopeuttaa mallinnus- ja suunnittelutyötä tietomallin sisällä. Vaikka työkaluja on olemassa useita, joihinkin tarpeisiin niitä ei löydy tai ne ovat liian työläitä käyttää.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda helppokäyttöinen, säädettävä ja muokattava komponentti Takuelementti Oy:n kattoelementtien mallinnukseen Tekla Structures -ohjelmistolla. Ohjelmistossa ei ole valmista muokattavaa komponenttia puurakenteisen kattoelementin mallintamiseen.

Kattoelementtikomponentti on tarkoitus ohjelmoida Tekla Structuresin Custom component editorin avulla. Komponentin tulisi piirtää kattoelementti halutun mittaisena tietomalliin. Tarkoituksena on luoda käyttöliittymässä säädettävä komponentti, joka mahdollistaa erilaisten rakenneosien mittojen, materiaalien, jaon ja olemassaolon määrittämisen. Komponentin tulee vastata rakenteeltaan Takuelementti Oy:n kattoelementtien rakenteita.

Tämän työn tilaaja on Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy, joka on osa Lehto Group -konsernia. Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy on vuonna 1981 perustettu vaativien talonrakennuskohteiden rakennesuunnittelija. Yritys on tuottanut yli 35 vuoden aikana yli 1 800 suunnittelutoimeksiantoa Suomeen ja ulkomaille sekä tehnyt tietomallipohjaista suunnittelua yli 10 vuoden ajan. Toimiston suunnittelukohde Derby Business Park voitti Tekla Global BIM Awards 2012 -tietomallinnuskilpailun ja As Oy Kalasataman Fiskari ja Fregatti -kohde voitti Tekla Global BIM Awards 2013 -tietomallinnuskilpailun precast-kategorian.

2 TEKLA STRUCTURES

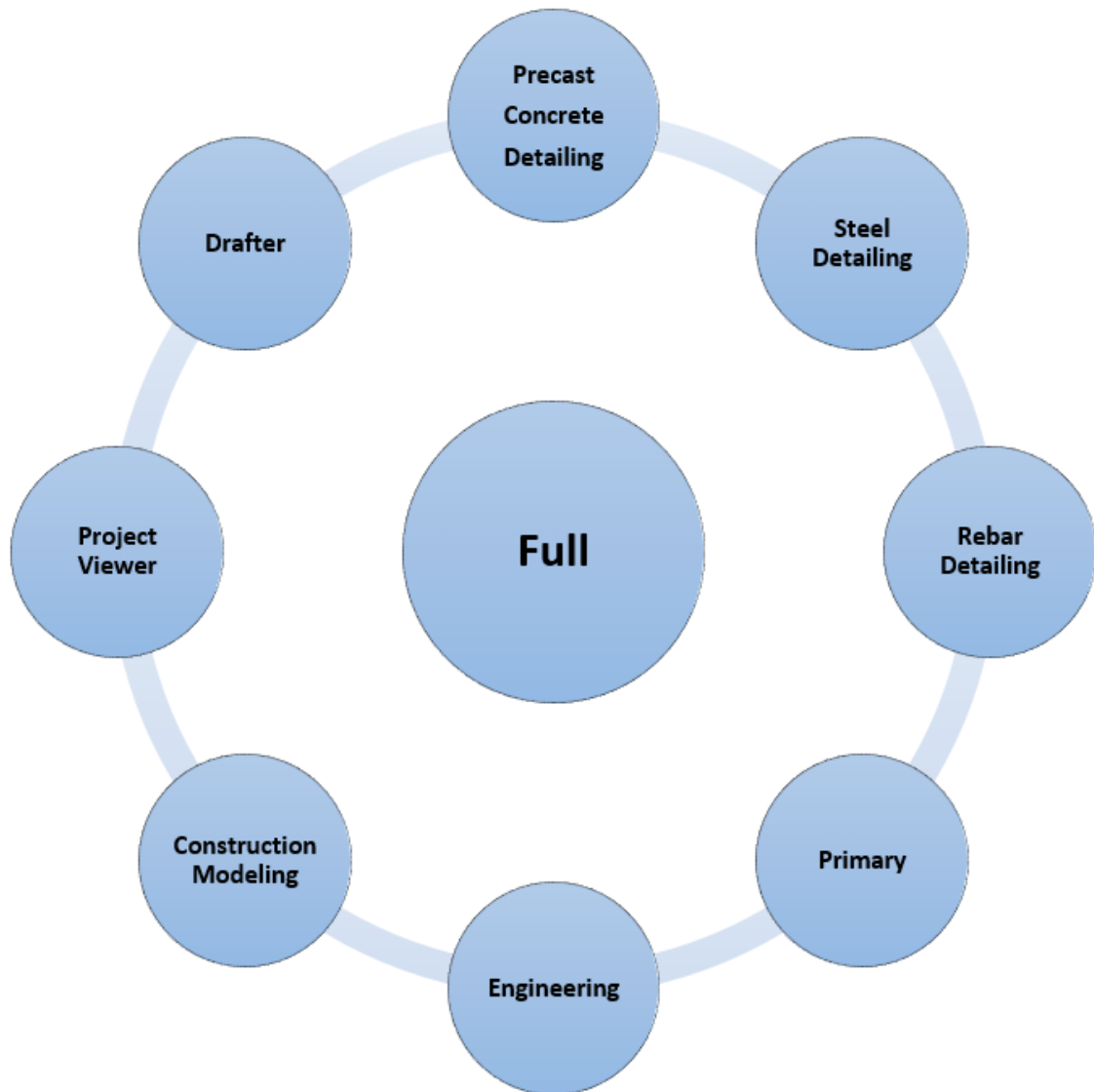
Teknillinen Laskenta Oy perustettiin vuonna 1966 Helsingissä ja sen liiketoimintanimeksi vakiintui Tekla. Teklan ohjelmistokehityksen painopiste siirrettiin maa-rakennukseen, rakennesuunnitteluun ja tiesuunnitteluun vuonna 1968. Yhtiön viralliseksi nimeksi tuli vuonna 1980 Tekla Oy. Teklasta tuli osa Trimble-konsernia vuodesta 2011 lähtien ja se tekee yhteistyötä muiden Trimble Infrastructure- ja Trimble Buildings -yksiköiden kanssa. (1.)

Tekla Structures -ohjelmiston avulla tuotetut mallit ovat luotettavia, yksityiskoh-taisia ja tarkkoja. Nämä mallit sisältävät tietoa, jolla saavutetaan onnistunut to-teutus ja tietomallinnus. Tekla Structures -ympäristö on sujuva käyttää ja se so-pii kaikkien materiaalien ja monimutkaisten rakenteiden mallintamiseen. Tekla Structures on heti valmis käytettäväksi, mutta halutessaan käyttäjä voi muokata käyttöliittymää itselle mahdollisimman sopivaksi. (2.)

Tämä ohjelmisto on lähtökohtaisesti avoin tietomalliohjelmisto ja sopii käytettä-väksi muiden laitteiden ja tietomalliohjelmistojen kanssa. Ohjelmistojen toisiinsa muuttamisen yhteensopivaksi mahdollistaa Tekla Open API -ohjelmointiraja-pinta. Tekla Structuresia voi myös hyödyntää laskentaohjelmistojen kanssa ja ohjelmistolla voidaan visualisoida toteutettavat rakennelmat. Ohjelmistolla voi-daan tuottaa piirustuksia ja raportteja, ja rakennemuutokset voidaan päivittää tietomalliin helposti. Tekla Structures on monipuolinen mallintamisohjelma, joka mahdollistaa useiden eri tehtävien tekemisen samaan aikaan saman projekti-mallin alla. (2.)

2.1 Tekla Structuresin ohjelmistokokoonpanot

Tekla Structuresista löytyy 9 erilaista ohjelmistokokoonpanoa. Jokaisen ohjel-mistokokoonpanon ominaisuudet on huomioitu eri rakennusalan toimialojen tar-peiden mukaan (3). Kuvassa 1 on eriteltyä Tekla Structuresin eri ohjelmistoko-koonpanot.



KUVA 1. Tekla Structures -ohjelmistokokoonpanot

Tekla Structures Full -ohjelmistokokoonpano sisältää kaiken tarvittavan rakennusten rakennesuunnitteluun ja rakentamisen hallintaan. Ohjelmistolla luodut 3D-mallit eri materiaaleista ovat tarkkoja ja sillä voidaan tuottaa ja seurata tietoja luonnosvaiheesta aina valmistus-, pystytys- ja työmaanohjaukseen (4). Tekla Structures Full -ohjelmiston sisältämät mallinnustoiminnallisuudet on esitetty seuraavassa:

- mallien tarkastelu (kaikki materiaalit)
- moduuliverkkojen muokkaus ja luonti
- osien ja pulttien mallintaminen (kaikki materiaalit)

- raudoitusten mallintaminen
- betoniosien liittäminen toisiinsa, eli betonielementtien luonti
- teräsosien kokoonpanojen luonti
- teräs- ja betoniliitoksien luonti
- hitsausseamojen luonti
- kuormien lisäys tietomalliin
- kokoonpanohierarkiatasojen luonti
- teräs- ja betoniliitosten luonti
- osien automaattinen numerointi
- automaattisesti esimääritettyjen liitosten luonti useille osille. (4.)

Tekla Structures Full -ohjelmistoon kuuluvat seuraavat Workflow-työkalut:

- mallin aikatauluttaminen
- mallin luokittelu ja jäsentely
- törmäyksien hallinta
- statustiedon hallinta yksittäisessä rakennusosassa
- asennusjärjestyksien määrittäminen
- aikataulujen hallinta ja määrittäminen
- 4D-mallin tarkastelu (simuloitu aikataulu)
- aikataulutettujen tehtävien liittäminen mallin kohteisiin. (4.)

Tekla Structures Full -ohjelmistoon kuuluvat seuraavat ominaisuudet raportteihin ja piirustuksiin:

- yleispiirustuksien luonti (taso, osa, asennus)
- elementtipiirustuksien luonti (betonielementit)
- yksittäisen osan ja kokoonpanon piirustuksien luonti (teräs)
- paikallavaluraudoitteiden ja taivutusluetteloiden piirustusten luonti
- raporttien luonti (kokoonpanoluettelot, osaluettelot)
- raudoitusraporttien luonti (taivutuskaaviot, painot, määrät)
- raporttien ja piirustuksien nimiöiden muokkaaminen omiin tarpeisiin sopiviksi
- piirustuksien ja raporttien tulostaminen. (4.)

Tekla Structures Full -ohjelmistoon kuuluvat seuraavat yhteistyötoiminnallisuudet:

- työskentely usean käyttäjän kanssa yhtäaikaaisesti samassa mallissa
- IFC-mallin luonti ja sen tarkastelu ja jakaminen ilmaisella Tekla BIMsight -ohjelmalla
- mallin tietojen käsittely Tekla Open API -rajapinnan avulla
- kytkeytyminen muiden projektiosapuolten työkaluihin
- tuotannonohjausjärjestelmät
- CNC-koneiden ohjaus (DSTV,CIS/2)
- IFC (2x2, 2x3)
- laskentaohjelmistot
- FEM
- SDNF
- XML
- graafinen 2D- ja 3D -data (DXF, DGN, ja DWG). (4.)

2.2 Tekla Structures Custom -komponentit ja niiden luominen

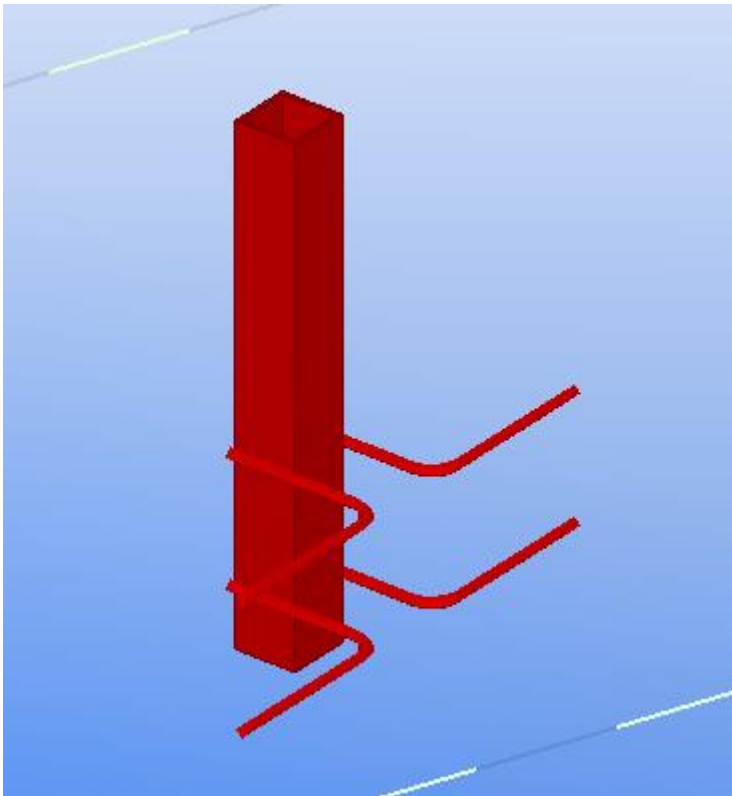
Tekla Structures -ohjelmisto sisältää työkaluja erilaisiin tarpeisiin. Työkaluja kutsutaan Custom-komponenteiksi. Nämä komponentit mahdollistavat liitosten, osien, saumojen ja yksityiskohtien määrittämisen tietomallissa. Ohjelmistolla on mahdollista luoda Custom-komponentteja omiin tarpeisiin. Tekla Structuresista löytyvät omat valintaikkunansa kyseisille komponenteille ja niiden avulla voidaan itse määrittää omanlainen komponentti omiin tarpeisiin sopiviksi. (5.)

Käyttäjän itse luomia komponentteja voidaan ohjelmistolla käyttää samalla tavalla kuin ohjelmiston omia System-komponentteja. Komponentteihin voidaan myös lisätä älyä ja toiminnollisuutta Custom component editorin avulla. Älylliset komponentit sisältävät muuttujia, joita muuttamalla käyttäjä voi vaikuttaa komponentin ominaisuuksiin, kuten mittoihin ja yksityiskohtiin. Älylliset komponentit päivittyvät malliin käyttäjän antamien parametrien mukaan. (5.)

Custom-komponentin luominen voidaan aloittaa räjäyttämällä jo valmis komponentti tai muokkaamalla ja yhdistelemällä objekteja halutun tyyppiseksi. Custom-

komponentti voidaan myös luoda aivan alusta itse mallintamalla käyttäjän ha-
luamat osat siihen itse. Yksinkertaisen komponentin, joka ei mukaudu ympäris-
tön mukaan, luonti on helppoa. Komponenttiin tulevat osat mallinnetaan malliin
haluttuun kokoon ja asentoon. Irralliset objektit yhdistetään komponentiksi valit-
semalla pääkappale ja liittämällä siihen muut kappaleet. (6.)

Tällä tavalla luodaan komponentti, jonka kaikki palaset liikkuvat ja kopioituvat
yhtenäisenä kappaleena. Jos käyttäjä haluaa luoda komponentin, joka mukau-
tuu muutoksiin mallissa ja jonka parametreja voidaan muokata, täytyy kompo-
nenttiin lisätä toiminnollisuutta Custom component editorin avulla. (6.) Kuvassa
2 on yksinkertainen ilman toiminnollisuutta oleva Custom-komponentti, joka ei
mukaudu ympärillä olevien rakenteiden muutoksiin.

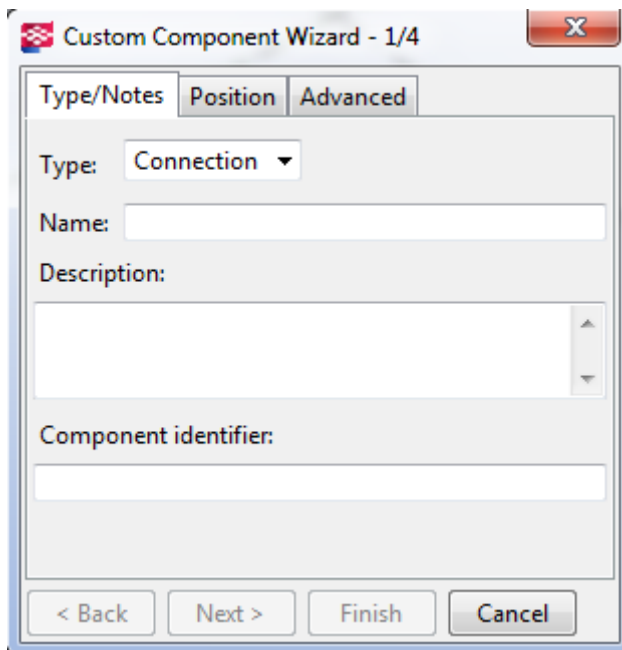


KUVA 2. Yksinkertainen komponentti

Jos komponentti räjäytetään, komponenttiin sisältyvät objektit irtoavat toisistaan
ja eivät toimi enää yhtenä kappaleena. Komponentin pystyy räjäyttämään detai-
ling – component – explode component -polkua käyttämällä. Irralliset objektit


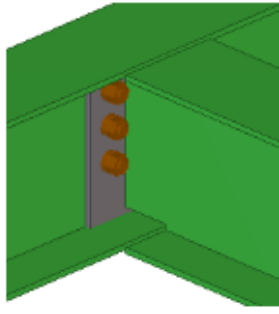

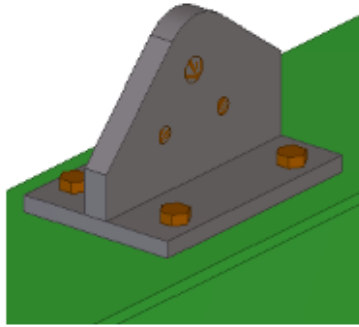


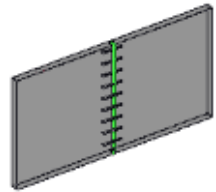
ovat siirrettävissä, muokattavissa, poistettavissa ja lisättävissä käyttäjän tarpeiden mukaan. Näitä objekteja voidaan myös käyttää hyväksi uuden komponentin luomisessa. (7.)

Custom-komponentin luonti voidaan aloittaa, kun siihen halutut objektit ja osat on mallinnettu oikein ja osat on liitetty toisiinsa mallissa. Komponentti päästään luomaan detailing – component – define custom component -polkua käyttämällä. Tällä komennolla avataan Custom component wizard -ikkuna (kuva 3). Tässä ikkunassa voidaan lisätä komponenttiin tietoja, kuten komponentin tyyppi, kuvaus ja nimi. Seuraavaksi Custom component wizard käskää käyttäjän valita komponenttiin kuuluvat objektit mallista. Viimeisessä vaiheessa valitaan pisteet, joiden mukaan ohjelmisto piirtää komponentin. Valmiin komponentin löytää Teklan Component -katalogista aiemmin määritetyllä nimikkeellä. (8.)



KUVA 3. Custom component wizard

Ohjelmistolla voi luoda neljän eri tyyppin Custom-komponentteja, jotka ovat liitos, detalji, kappale ja sauma (kuva 4) (9).

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. Komponenttityypit (9)

3 TAKUUELEMENTTI OY:N KATTOELEMENTTI

Puusta tehtyjen elementtien käyttö rakennusteollisuudessa on lisääntynyt viime vuosina. Elementtirakentaminen nopeuttaa rakentamisen aikaista prosessia ja mahdollistaa pienemmät kustannukset rakennuttajille ja rakentajille. Elementteillä saavutettava tehokas asennusnopeus lyhentää työmaalla käytettävää aikaa sekä vähentää työvoiman tarvetta ja tätä kautta myös kustannuksia. Puuelementit ovat kevyitä ja niiden kuljetus on helpompaa kuin monien muiden elementtimateriaalien. (10.)

Tehdasolosuhteissa esivalmistettavat elementit saadaan mittatarkoiksi ja niistä voidaan tehdä joustavasti erilaisia rakenteita, joihin muilla materiaaleilla ei välttämättä päästä. Tehdasolosuhteissa valmistetut elementit pysyvät kuivina rakentamisen aikana ja niiden laatua on helpompi valvoa. Elementtien laatu pysyy parempana ja tasaisempana kuin työmaalla. Puusta valmistettuja elementtejä on helpompi muokata työmaalla kuin muista rakennusmateriaaleista tehtyjä elementtejä. (10.)

Tehtaalla elementteihin käytettävien raaka-aineiden käyttö tehostuu ja jätteiden kierrättäminen on helpompaa ja vähäisempää. Tämä vähentää rakentajan jätteistä aiheutuvia kuluja ja ylijääviä materiaaleja voidaan mahdollisesti käyttää hyväksi joihinkin muihin elementteihin. Rakennetun rakenteen mahdolliset myöhemmät muutostyöt on helpompi tehdä puusta tehtyihin rakenteisiin kuin muista materiaaleista tehtyihin rakenteisiin. (10.)

3.1 Takuuelementti Oy

Takuuelementti Oy kuuluu Lehto Group –konserniin ja se perustettiin vuonna 2009 valmistamaan kattoelementtejä. Lehto Group on kasvanut viime vuosina kovaa vauhtia, minkä ansiosta myös kattoelementtien kysyntä on kasvanut. (11.)

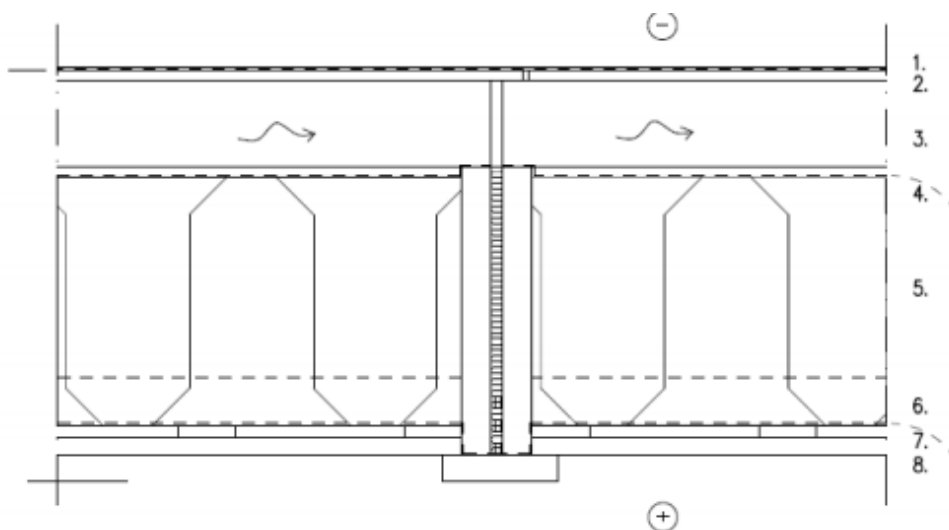
Kattoelementit ovat esivalmistettuja katon osia, joita toimitetaan ympäri Suomen työmaille. Asennusvalmiita kattoelementtejä käyttämällä voidaan lyhentää työ-

maan läpimenoaikaa ja varmistaa kattorakenteen hyvä laatu. Elementtien asennus työmaalla toteutuu nostamalla elementit oikeille paikoilleen, minkä jälkeen elementtien väliset vesikatteet hitsataan yhteen. Tämä nopeuttaa asennusaikaa. (12.)

Elementtikattoa käyttämällä katon rakentamiseen kuluu 6 kertaa vähemmän aikaa kuin paikalla rakennettuun kattoon. Esimerkkinä 5 000 m² kiinteistön katon rakentaminen kestää elementtejä käyttämällä viikon verran. Saman alan katon rakentaminen perinteisellä menetelmällä kestää noin 1,5 kuukautta. Takuuelementin kattoelementtejä käytetään pääsääntöisesti teollisuus-, liike- ja toimistorakennuksissa ja tavoitteena on tulevaisuudessa hyödyntää niitä myös asuntorakentamisessa. Kattoelementti soveltuu käytettäväksi kylmien, puolilämpimien ja lämpimien tilojen yläpohjan rakenteeksi. Takuuelementin kattoelementtiä pystytään hyödyntämään moni- ja yksiaukkoisten yläpohjien rakenteena. (12.)

3.2 Kattoelementin rakenne

Kattoelementtejä valmistetaan korkeintaan 2,685 m leveänä ja niiden maksimipituus rajautuu 26 metriin. Kattoelementtien pisin jänneväli rajataan tällä hetkellä 8,5 metriin ja vaadittava palkkikoko ja lämmineristepaksuus määräävät kattoelementin korkeuden. Kattoelementti käy kaikkiin paloluokkiin ja sen alapintaan tuleva kipsilevy määräytyy paloluokan vaatimusten sekä asiakkaan toiveiden mukaan (12). Kattoelementin rakennetyyppi on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5. Kattoelementin rakennetyyppi (12)

Kuvan 1 rakennekerrokset ovat

1. vedeneristys
2. OSB-levy
3. tuuletustila ja katto-orret
4. tuulensuojakangas
5. kantavat Kertopuupalkit, palkkien välissä alaosassa ovat poikittain apurungon palkit, mineraalivilla elementin palkkien välissä
6. höyrynsulkumuovi
7. lautakoolaus
8. maalattu kipsilevy. (12.)

3.3 Kattoelementin rakennusmateriaalit

3.3.1 Puutuotteet

Puuta rakennusmateriaalina on käytetty Suomessa pitkään. Yleisesti 1800-luvulle asti rakennetut julkiset rakennukset sekä maaseutu- ja kaupunkilaistalot rakennettiin puusta. Suomesta löytyy metsää suhteutettuna väkilukuun eniten koko Euroopassa. Tästä syystä puun runsas käyttö rakennusmateriaalina on luonnollista. Puurakenteet ovat pitkäkestoisia ja kestäviä rakenteita oikein toteutettuna. Suomessa kasvavasta puustosta koivua on 15 %, kuusta 37 % ja mäntyä 45 %. Loput 3 % ovat muita puulajeja. Suomen rakennusteollisuudessa esiintyvistä puulajeista käytetyimpiä ovat mänty ja kuusi, jotka ovat hyviä runkorakentamisessa. Koivun käyttö painottuu lujuusominaisuuksiensa takia enemmän vaneri- ja huonekaluteollisuuteen. (13, s. 15–16.)

Puuta käytetään rakentamiseen Suomessa sen hyvien ominaisuuksiensa takia. Materiaalina puu on kevyt, kun verrataan sitä muihin rakennusmateriaaleihin. Puuta voidaan liittää toisiinsa helposti ja vaivattomasti ja sen työstäminen on helppoa. Puusta rakennetuilla rakenteilla voidaan toteuttaa monenlaisia erilaisia muotoja ja kokonaisuuksia. Monissa rakenneratkaisuissa puu voittaa betonin ja muut massiiviset rakenteet taloudellisuudessa. Puu on terveysystävällinen materiaali, koska siitä ei haihdu haitallisia aineita ympäristöön ja lisäksi se on uu-

siutuvaa ja ekologista. Saman painoisia rakennusmateriaaleja verratessa liimapuu on lujempi vaihtoehto kuin teräs, alumiini tai muu tavanomainen rakennusmateriaali. (13, s. 15.)

Puun jotkut ominaisuudet rajoittavat sen käyttöä rakennusteollisuudessa. Kosteuden aiheuttama puun eläminen saattaa estää puun käytön joissain rakenteissa, ja se vaatii tarkempaa suunnittelua joihinkin rakenneratkaisuihin. Vaihtelevat vaakaja pystysuuntien lujuusominaisuudet rajoittavat myös puun käyttöä materiaalina rakentamisessa. Palonarkuutensa takia puusta tehdyt rakenteet täytyy määräysten mukaan palosuojata. Kosteissa olosuhteissa puurakenteet voivat lahota, koska puu on kosteudelle altis. (13, s. 15.)

Rakentamiseen käytettävässä puussa on aina vettä. Puun sisältämästä vedestä osa on puun soluseinämässä sitoutuneena vetenä ja osa irtaimena. Vesi alkaa haihtumaan ensin puun soluonteloista, minkä jälkeen soluseinämiin sitoutuneesta vedestä. Veden haihtumisesta ei aiheudu suuria ominaisuuden muutoksia. Veden poistuminen soluseinämistä aiheuttaa puun lujuusominaisuuksien paranemista, puun kutistumista, lämmönvastuksen lisääntymistä ja sähköjohtavuuden pienenemistä. (13, s. 18–19.)

Puun kosteus tuoreella puulla vaihtelee välillä 90–200 %. Rakentamisessa voidaan välttää puun kutistumisesta aiheutuvat haitat kuivaamalla puu samaiseen kosteuspisteeseen, jossa sitä käytetään lopputilanteessa. Kuivaustavat ovat kanava- ja tunnelikuivaaminen. Kuivaamoissa puutavara pyritään kuivaamaan 16–22 %:n kosteuteen. (13, s. 18–19.)

Erialaisten puiden tiheysarvot eroavat toisistaan huomattavasti. Tavallisesti puun tiheyttä esitetään tilavuuspainona puun ollessa 15 %:n kosteudessa. Eri puiden tiheyden arvot vaihtelevat välillä 150 kg/m³–1230 kg/m³. Eniten Suomessa rakentamiseen käytettävien puulajien, männyn ja kuusen, tiheys on välillä 450–500 kg/m³. (13, s. 18–20.)

Puun lujuusominaisuudet vaihtelevat eri suunnasta tarkastellessa, eli se on anisotrooppinen aine. Lujuusominaisuuksien vaihtelu johtuu puun tiheydestä ja kuorman suunnasta, minkä takia puun lujuusominaisuuksien tarkkojen arvojen

määrittäminen on hankalaa. Puun tiheyteen vaikuttavat monet eri asiat: puun kasvuolosuhteet, mistä osasta runkoa puutavara on sekä ikä. Myös puusta löytyvät viat, kuten oksaisuus, vaikuttavat puun lujuuteen. (13, s. 18–20.)

Lujuusominaisuuksiin ja ulkonäköön vaikuttavat vauriot ja viat. Ulkonäöllisten vikojen suuruus määräytyy käyttäjän mukaan, mutta lujuusominaisuuksien viat voidaan määrittää helposti. Puussa esiintyviä vikoja ovat valmistusviat, hyön-teisviat, kasvuviat ja lahoviat. Puun vetolujuus on 10–20 kertainen verrattaessa sitä lujuuteen puun syitä vastaan. Vetolujuuden arvo riippuu puun tiheydestä ja puun puristuslujuus on käytännössä noin puolet vetolujuudesta. Jos puu on täysin virheetön, taivutuslujuus on yhtä suuri kuin puun vetolujuus. (13, s. 23.)

Puu on materiaalina palavaa, mikä rajoittaa sen käyttöä rakentamisessa. Vaikka puu palaa, sen palonkesto aika on parempi kuin joissain betoni- tai teräsrakenteissa. Puun palaessa ulkopintaan kehittyy hiilikerros. Hiilikerros hidastaa sisäosien lämpenemistä ja tätä kautta koko puukappaleen palamista. Lämmitessä puun ligniini ja hemiselluloosa pehmenee, mikä aiheuttaa puun pehmenemisen. Pehmeneminen alkaa, kun kuiva puu saavuttaa 180 °C lämpötilan. (13, s. 22–23.)

Pehmeimmillään puu on 320–300 °C:n lämpötilassa. Kosteampi puu alkaa pehmenemään jo alemmissa lämpötiloissa. Puun pehmeyttä hyödynnetään esimerkiksi massiivipuun muotoilussa. Puun syttymislämpötilaan vaikuttaa puun altistumisaika kuumuuteen. Puu syttyy yleensä noin 250–300 °C:ssa. Kantavia rakenteita suunniteltaessa on huomioitava puun palamisnopeus. Esimerkiksi kuusen ja männyn palamisnopeudet ovat 0,8 mm/min. (13, s. 22–23.)

Sahatavara

Sahatavaraksi kutsutaan puutavaraa, jonka kaikki sivut ovat sahattuja. Aluksi tukit kuoritaan ja lajitellaan, minkä jälkeen puu sahataan. Sahausvaiheen jälkeessä vuorossa ovat särmäys, esisahaus, lajittelu ja kuivaus. Myös höyläys kuuluu prosessiin tarvittaessa. Näiden prosessien tuloksena syntyy sahatavara, joka tarkoittaa kaikilta sivuilta pituussuunnassa sahattua puutavaraa. (13, s. 96.)

Sahatavara jaetaan laatuluokkiin. Laatuluokkien määritelmät perustuvat sahatavaran sahaustavan, tukin osan ja puun laatuominaisuuksien mukaan. Sahatavaran päälaatuluokkia ovat US, V, VI ja VII. US on korkein näistä laatuluokista, joka sisältää tuotannosta aiheutuvat alalaatuluokat US I, US II, US III ja US IV. Alin laatuluokka on VII ja siinä sallitaan rajoituksetta kaikkia ominaisuuksia, joita esiintyy puutavarassa. Sahatavaraksi luokiteltavien kappaleiden kaikkien sivujen tulee olla kosketanut terää ja kappaleiden täytyy pysyä koossa. (15.)

Sahatavara lajitellaan lujuusluokkiin standardin SFS-EN 338 mukaan. Näitä lujuusluokkia ovat, C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 ja C50. Sahatavaran lajittelu toteutuu koneellisesti tai visuaalisesti. Koneellinen lajittelumenetelmä perustuu sahatavaran taivuttamiseen, jonka avulla saadaan kappaleen kimmomoduuli. Kimmomoduulin avulla voidaan määrittää sahatavara lujuusluokka. Nykyisin voidaan käyttää myös kehittyneempiä koneellisia lajittelumenetelmiä. Näitä ovat ominaistajuuden mittaaminen, konenäkömittaus, ultraäänimittaus ja röntgenmittaus. Visuaalinen lajittelu perustuu silmämääräiseen sahatavarakappaleen tarkasteluun. Tarkastelukohteita ovat oksien määrä ja sijainti, laatu ja halkeamat, vääryys ja kierous sekä muut viat. Lisäksi kappaleen vuosiluston paksuutta tarkastellaan. (16, s. 8.)

Mitallistettu sahatavara on mittatarkaksi karkeahöylättyä sahatavaraa. Sahatavaran mitallistaminen toteutetaan höyläämällä kaikki sahatavaran sivut. Sahatavaran sivut höylätään suurella syöttönopeudella noin 1 mm. Syöttönopeudesta aiheutuva höyläysjälki on karkeaa ja kappaleeseen voi jäädä höyläyksestä harjanteita ja höyläämättömiä alueita. (16, s. 6.) Taulukossa 1 on esitetty mitallistetun sahatavaran yleisimmät paksuudet.

TAULUKKO 1. Mitallistetun sahatavaran yleisimmät mitat (16)

		Leveys												
Paksuus		48	66	73	95	98	120	123	145	148	173	198	223	248
20 1)														
42														
48														

1) hienosahattu pinta

= vakiokoko

= tilauskoko

Höylätty sahatavara tarkoittaa ympärihöylättyä sahatavaraa. Yleensä sahatavaraa höylätään sivuilta vähintään 2 mm. Höyläämällä pinnasta saadaan sileä ja sahausesta aiheutuneet epätasaisuudet saadaan hävitettyä. (16, s. 7.) Taulukossa 2 on esitettyä höylätyn sahatavaran yleisimmät mitat.

TAULUKKO 2. Höylätyn sahatavaran yleisimmät mitat (16)

		Leveys										
Paksuus		15	21	28	33	45	70	95	120	145	170	195
8												
12												
15 1)												
18 2)												
21 1)												
28												
33												
45												
70												

Kertopuu

Tunnetuin viilupuutyyppi on kertopuu. Kertopuuta valmistetaan liimaamalla 3 mm:n paksuisia viiluja yhteen jatkuvaksi palkiksi. Liimaukseen käytetään säätä

kestävää fenoliformaldehydiliimaa. Aluksi viilupuuta valmistetaan 27–75 mm paksuksi ja 1 800 mm leveäksi levyksi. Tämän jälkeen kappale sahataan haluttuihin mittoihin leveys- ja pituussuunnassa. Lujuuden aleneminen estetään liimamalla viilut viistettyinä ja limitettyinä. Viilupuuta valmistetaan kahta eri rakennetyyppiä. Standardituotteissa syyt ovat kaikissa kerroksissa pitkittäissuuntaisia. Ristirakenteiset viilupuut valmistetaan liimaamalla osa viiluista pääsuuntaan nähden poikkisuuntaisesti. (13, s. 106.)

Viilupuuta käytetään monella eri tavalla rakentamiseen: syrjällään palkkina, pystyssä sauvana, lankkuna lappeellaan ja laminoituna palkkeina. Yleisimmin viilupuukappaleen paksuus vaihtelee välillä 27–75 mm ja korkeus rajataan 600 mm:iin. Viilujen jänneväli on yleensä 5–12 m ja viilujen suunta palkin jännevälin suuntaisesti. Ohjeellisesti viilupuun pinta hiiltyy 0,6 mm/min palotilanteessa viilua vastaan kohtisuoraan ja 1 mm/min viilun suunnassa. (13, s. 106.)

Kertopuuta valmistetaan kolmeksi eri rakenteeksi. Näitä rakenteita ovat Kerto-S-palkki, Kerto-T-tolppa ja Kerto-Q-levy. Kerto-S-palkki ja Kerto-T-tolppien viilujen syysuunta on pitkittäinen kaikissa viilukerroksissa. Kerto-Q-levyssä viiluja on myös ristisuunnassa, minkä ansiosta levyn poikittainen lujuus ja jäykkyys ovat korkeampia. Kertopuupalkkien leveyden mitat ovat välillä 27–75 mm ja niitä valmistetaan 7 mm:n välein. Kertopuupalkkien vakiokorkeuksia ovat 200 mm, 220 mm, 225 mm, 260 mm, 300 mm, 360 mm, 400 mm, 450 mm, 500 mm ja 600 mm. (14, s. 106.)

Rungon tolppana ja seinien rankana käytetään yleensä Kerto-T-tolppaa. Kerto-Q-levy sisältää poikittaissuuntaisia viiluja noin viidenneksen viilujen määrästä. Kerto-Q-levyä voidaan käyttää jäykistävänä lattia-, katto-, ja seinälevynä ja lisäksi sitä voidaan käyttää myös näkyvänä materiaalina. Kerto-Q-levyssä on hyvä poikittainen vetolujuus, minkä ansiosta se sopii palkkirakenteeksi. (14, s. 106.)

3.3.2 Levytuotteet

Vaneri

Vaneri on levytuote, joka koostuu päällekkäin liimatuista kerroksista puuta. Levyn rakenne keskikerroksissa on symmetrinen. Vaneria käytetään esimerkiksi rakenne- ja verhoustarvikkeena lattioissa, seinissä ja katossa. Vaneri sopii myös palkiksi ja kannatteeksi. (14, s. 111, 114.)

Havupuuvaneri koostuu havupuun viiluista, joiden paksuus on yleensä 1,4 mm tai enemmän. Havupuuvanerin tiheydeksi ilmoitetaan noin 520 kg/m³. Havupuuvanerien liimaukseen käytetään rakennetta tummempaa, säänkestävää fenolihartsiliimaa, joka erottuu selvästi vaaleammasta materiaalista. Sisäkäyttöön ja näkyviin pintoihin tarkoitettua vaneria voidaan liimata käyttämällä ureahartsiliimaa, joka on vaaleampaa kuin fenolihartsiliima. Havupuuvanereita käytetään moniin eri tarkoituksiin. Niitä voidaan käyttää kantavina rakenteina lattia- ja vesikattorakenteissa ja verhoukslevynä. (14, s. 113–114.)

Havupuuvanerien laatuluokat määräytyvät käyttökohteiden mukaan. Eri laatuluokkia ovat I, II, III ja IV. I-luokan vanerin laatu on lähes virheetön ja sen pinta on mäntyä. II-luokan vaneri on jalostettu laatu ja se on ehjäpintainen. III-luokan vaneri on tarkoitettu rakentamiseen ja sen laatu on paikkaamaton. IV-luokan vanerin laatu on myös paikkaamaton, ja sitä käytetään taustapintana rakenteissa. (14, s. 114–115.)

OSB-levy

OSB-levy tulee alun perin Saksasta, ja siitä on kehitetty myöhemmin Pohjois-Amerikkaan levy, jonka tarkoitus on korvata matalalaatuisemmat vanerit rakennuslevynä. OSB-lyhenne tulee sanoista oriented strand board. (14, s. 119.)

OSB-levy on eräänlainen lastulevy, jonka lastut ovat suuntaissiroteluja. Suuntaamalla lastut voidaan vaikuttaa levyn lujuusominaisuuksiin. OSB-levyissä käytettävien lastujen pituus on yleensä syysuuntaan noin 50–70 mm ja poikittaisuuntaan alle puolet pituussuuntaisesta mitasta. OSB-levyn lastut ovat pitkiä ja kapeita. Levyjen rakenne koostuu kolmesta rakennekerroksesta, jotka saadaan yhdistämällä lastut liimaamalla ja puristamalla. Levyjen lastut asetetaan ristiin,

mikä tuo levyille lisää jäykkyyttä ja lujuutta. Levyn pinnassa olevat lastut suunnataan pituussuuntaisesti, minkä ansiosta levyn lujuus pituussuunnassa kasvaa. (14, s. 119.)

Liimana levyissä käytetään fenoliformaldehydiliimaa, jota on valmiin levyn massasta noin 2,5 %. Paksuus OSB-levyillä on 5–25 mm ja tiheyden arvoksi annetaan 550–750 kg/m³. Pinnat viimeistellään hiomalla ja reunoille tehdään käsittely kuten normaalissa lastulevyssä. OSB-levyjen käyttötarkoituksia ovat seinä-, lattia- ja kattorakenteet. OSB-levyä käytetään alusmateriaalina, eikä se oikein sovellu pintamateriaaliksi. (14, s. 119.)

OSB-levyjen neljä eri laatuluokkaa jaetaan käyttökohteittain. OSB-levyjen laatuluokkia ovat OSB/1, OSB/2, OSB/3 ja OSB/4. OSB/1-luokan levyjen käyttökohteet ovat ainoastaan ei-kantavat rakenteet ja ne on tarkoitettu yleensä käytettäväksi kuiviin olosuhteisiin, esimerkkinä kalustelevyt sisätiloissa. OSB/2-luokan levyjä voidaan rasittaa kuormalla ja ne ovat tarkoitettu sisätiloihin. OSB/2-levyjä käytetään pakkausalan tuotteissa sekä sisärakenteissa. OSB/3-luokan pääasiallinen käyttökohde on vesikatteen alusta, ulko- ja väliseinärakenteet ja pakkaustuotteet. OSB/3-luokka on yleisin OSB-levyistä. OSB/4-luokan levyt kuuluvat vaativimpaan luokkaan. Levyt on suunniteltu kestäämään koviakin kuormia suojaetuissa ulkotiloissa. (17.)

Kipsilevyt

Kartonkipäällysteistä kipsilevyä kutsutaan kipsikartonkilevyksi. Kipsikartonkilevyn keskikerros koostuu kipsistä, ja ulkopinnat kartongista. Kipsikartonki valmistetaan kahdessa eri vaiheessa. Ensin raaka kipsikivi kalsinoidaan stukkokipsisijauheeksi. Seuraavaksi stukkokipsistä, vedestä ja lisäaineista sekoitetaan massa, joka valetaan kartonkipintaiseksi. Etupintaan asetetaan kartonki, joka kierretään pitkittäissivujen kautta levyn ympäri. Levyjen päät saadaan tasattua sahaamalla. (13, s. 225–226.)

Kipsikartonkilevyn painosta on kipsiä 93 % ja kartonkia 6 %. Jäljelle jäävä 1 % sisältää levyn kosteuden, tärkkelyksen ja orgaanisen pinta-aktiiviaineksen. Kipsikartonkilevyn yleisimpiä käyttökohteita ovat rakennusten sisäpinnat ja niitä käytetään pintalevynä. Kipsikartonkilevy soveltuu myös lattialevyksi, mikä

yleensä vaatii useamman levyn asennettavaksi päällekkäin. Levyä käytetään myös märkätilojen taustalevynä vesieristettynä esimerkiksi laattojen alla. Levyä voidaan myös hyödyntää rakenteissa, joilla halutaan rajata paloa, tai puu- ja teräsrunkojen palonsuojaverhouksena. (13, s. 225–226.)

Kipsikartonkilevyt eivät muuta muotoaan ilmankosteuden takia ilmankosteuden alueella 40–90 %. Levyn muodonmuutokset ovat näillä alueilla vain noin 0,04 %. Pienen muodonmuutoksen ansiosta kipsikartonkilevyjen saumoissa ei tarvitse huomioida liikkumavaraa. Kipsikartonkilevyä ei suositella sellaisenaan kosteisiin olosuhteisiin. Ilmankosteuden ollessa yli 75 % jatkuvasti kartonki levyssä pehmenee ja täten levy alkaa menettää jäykkyyttään. (13, s. 224.)

Kipsikartonkilevyn materiaaleista vain pinnan kartonki on altis palolle. Palotilanteessa pinnassa oleva kartonki hiiltyy tulen seurauksena. Pintakartonki ei kuitenkaan syty tuleen, koska kipsin ja kartongin välissä ei ole lainkaan ilmaa saatavilla. Kipsin sisällä olevat ydinkiteet sisältävät vettä, joka on sitoutunut kemiallisesti. Tämä kemiallisesti sitoutunut vesi käsittää noin 17 % kipsilevyn painosta. (13, s. 225.)

Palon jatkuessa ydinkiteiden sisältämä vesi alkaa höyrystyä ja ydinkiteet hajoa-
vat. Ydinkiteiden sisältämä vesihöyry hidastaa paloa. Kipsikartonki pitää palon
niin kauan, kunnes ydinkiteiden sisältämä vesi on haihtunut kokonaan ja levy on
menettänyt jäykkyytensä. Palosuojakipsilevyt tehdään ilman avosaumaa ja
yhden kipsikartonkilevyn pelonkesto aika vaihtelee paksuuden mukaan välillä
10–30 minuuttia. (13, s. 225.)

Yläpohjarakenteiden sisäpintoihin suositellaan yleisesti käytettävän kahta eri
kipsikartonkilevytyyppiä. Gyproc-käsikirja suosittelee levytyypeiksi levyjä GN 13,
GF 15 ja GFL 18 FireLine. GN 13 on normaali 13 mm:n paksuinen kipsikartonki-
levy. GF 15 on palosuojakipsikartonkilevy, jota käytetään korkeammassa palon-
kestorakenteissa. GFL 18 FireLine on myös palonsuojatarkoituksiin tarkoi-
tettu erikoiskipsikartonkilevy. Gyproc-käsikirja sisältää tarkemmat levyillä tehtä-
vät tyyppirakenteet ja palonkestoajat. (18.)

3.3.3 Lämmöneristeet

Mineraalivilla

Mineraalivillaeristeet ovat lämmöneristeitä, jotka koostuvat epäorgaanisista kuituista ja orgaanisesta sideaineesta. Mineraalivilloista yleisimpiä ovat lasi- ja kivivillat. Mineraalivillat sopivat rakennuseristeiksi, teknisiksi eristeiksi ja äänenvaimennuksiin. Mineraalivilloja löytyy neljää erilaista tyyppiä: pehmeät eristeet, jäykät eristeet, tuulensuojalevyt ja puhallettava mineraalivilla. (19.)

Pehmeät eristeet soveltuvat tiili-, puu- ja teräsrunkoisten rakenteiden lämmöneristykseksi. Ne soveltuvat myös ääni- ja paloteknisesti luokiteltuihin seinisiin. Jäykät ja kuormitusta kestävät eristeet soveltuvat palon-, äänen- ja lämmöneristeiksi vesikattorakenteisiin, betonisiin elementteihin, paikallavalurakenteisiin, eristerappauksien alle ja uiviin lattioihin. Tuulensuojalevyjä käytetään niimensä mukaan suojaamaan rakenteita tuulta vastaan. Tuulensuojalevyjä käytetään yleensä suojaamaan alla olevia pehmeitä eristeitä ja ne antavat lisälämmöneristävyttä. Puhallettava mineraalivilla on yleensä tarkoitettu käytettäväksi yläpohjien lämmöneristämiseen. (19.)

Kivivillan materiaalit ovat emäksiset kivilajit ja lasivillan materiaalit ovat sooda, hiekka ja kalkkikivi. Lasivillassa olevassa lasista 50–60 % on kierrätyslasia. Kivivillan valmistuksessa nopeasti pyöriville linkoamispyörille valutetaan sulatettua kivimassaa. Sulatetun massan pisarat sinkoutuvat kovassa vauhdissa ja ne venyvät kuiduiksi nopeuden ansiosta. (13, s. 217.)

Lasivillan valmistuksessa nopeasti pyörivien linkoamispyörien läpi vedetään sula lasimassa, jotka pidennetään kuiduiksi kovan ilmavirran avustuksella. Sulatetun raaka-aineen lämpötila on 1 400–1 500 °C. Kuidut kyllästetään öljyllä ja fenolihartsilla, joiden avulla sidotaan pölyä ja parannetaan vedenhylkivyyttä. Pehmeä tuotettu kuitumatto laitetaan tämän jälkeen uuniin, jossa se karkaistetaan 250 °C lämpötilassa. Uunissa kuitumatto tiivistetään haluttuun paksuuteen. Villan jäähtyttyä se leikataan pituus- ja poikkisuunnassa haluttuihin mittoihin ja pakataan. (13, s. 217.)

Mineraalivillaeristeen huokoinen rakenne antaa eristeelle hyvän lämmöneristävyyden ja paikallaan pysyvä ilma alhaisen lämmönjohtavuuden. Mineraalivillaeristeen tiheys määräytyy villassa käytettävän raaka-aineen mukaan ja se vaihtelee välillä 15–300 kg/m³. Kivivillatuotteissa tiheyden arvo on noin 30–50 % suurempi kuin vastaavanlaiseen tarkoitukseen tarkoitettu lasivillatuotteen tiheys. Eristeen tiheys määrittää sen ilmanläpäisevyysarvon. Kun tiheys kasvaa, ilmanläpäisevyys pienenee ja jäykkiä eristeitä voidaan käyttää ilman erillistä tuulensuojasta. Pehmeät mineraalivillaeristeet vaativat kuitenkin erillisen tuulensuojalevyn estämään ilmapirran liike rakenteessa. Mineraalivilla ei estä höyrynläpäisyä, joten rakenteisiin on erikseen asennettava lämpimälle puolelle höyrynsulku. (19.)

Mineraalivilloissa käytettävät kuidut eivät pala, mutta niissä olevat lisäaineet ovat palavia. Vaativiin paloteknisiin kohteisiin ja rakenteisiin valmistetaan erikoismineraalivilloja, jotka sisältävät vähän sideainetta. Kuitumainen ja huokoinen villa estää hyvin äänen kulun erityisesti suurilla taajuuksilla. Jotta hyvä äänen absorptio saavutetaan myös pienillä taajuuksilla, mineraalivillakerrosta on paksunnettava tai se täytyy asentaa riittävästi irti takana olevasta kovasta pinnasta. (19.)

3.3.4 Vedeneristetuotteet

PVC-kate

PVC-muovit ovat erittäin monipuolisesti käytettäviä materiaaleja rakentamisessa. PVC-muovien ominaisuuksia voidaan muunnella helposti. Yleisin tunnettu PVC-muovi eli polyvinyylidikloridi on vinyylimuovi ja sitä valmistetaan vinyylidikloridista polymeroimalla. Polymerointitapa ja käytetyt lisäaineet vaikuttavat PVC-muovin ominaisuuksiin. Kovassa PVC-muovissa ei ole ollenkaan pehmitinainetta, mutta pehmeässä PVC-muovissa sitä on joitain määriä vaihdellen käyttötarkoituksen mukaan. (13, s. 259–260.)

PVC-muovin tiheys liikkuu välillä 1 300–1 400 kg/m³ ja sen korkein käyttölämpötila on 70–80 °C. Korkein mahdollinen käyttölämpötila laskee, jos muovin kuormitusta kasvatetaan. PVC on kova muovi, josta tulee haurasta kun se altis-

tuu alle 0 °C:n lämpötilaan. PVC:n kestävyys on hyvä monille nesteille ja kemikaaleille, kuten suolaliuokset, hapot, vesi, lipeä, öljyt, rasvat, bensiini ja alkoholit. Jotta PVC-muovi palaa, sen on altistuttava jatkuvalla tulella. Materiaalina se on palamaton ja itsestään sammuva. Jotkin pehmittimet kuitenkin voivat palaa tulen ulkopuolella syttymisen jälkeen. Korkeiden syttymis- ja palonkestoluokan rakenteiden pinnoitteisiin PVC ei sovellu. (13, s. 259–260.)

PVC sopii sisä- ja ulkokäyttöön sen hyvien vanhenemis- ja säänkesto-ominaisuuksien takia. PVC-tuotteita valmistetaan monenlaisina: himmeinä ja läpikuultavina ja värivalikoima muoveille on laaja. Rakennusteollisuudessa PVC-tuotteiden käyttö keskittyy seinä-, katto- ja lattiapinnoitteisiin, julkisivulevyihin, syöksytorviin, sadevesijärjestelmiin, läpinäkyviin levyihin, listoihin ja moniin putkiin. (13, s. 259–260.)

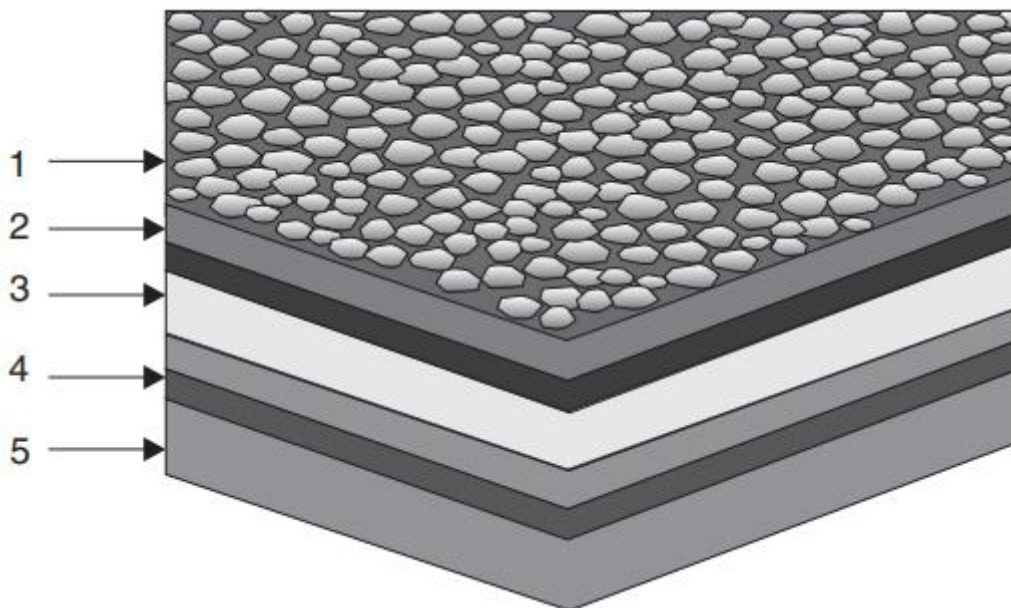
Katteena PVC on taipuisaa ja sen tukikerros koostuu joko polyesteriverkosta tai lasisesta huovasta. Asennuksen jälkeen PVC-kate säilyttää joustavuutensa ilman murtumia. Käytön aikana kate on joustavaa ja murtumatonta myös kylmissä olosuhteissa. Katteen kiinnitys tapahtuu saumoista mekaanisesti. Saumat hitsataan kuumailmahitsauslaitteella ja katetta voidaan hitsata koko sen elinkaaren ajan. Katteena PVC-muovia käytetään yksikerroskatteisena ja se soveltuu kaikkiin käyttöluokkiin. Rakenteena kate on jatkuva ja katteen saumat kestävät myös vedenpaineen vaikutusta. PVC-kate ei pala ja se sopii käytettäväksi kaikenlaisiin kattopintoihin. (20.)

Bitumikermit

Bitumi tarkoittaa maaöljystä tislauksen avulla saatua pohjatuotetta. Bitumin kiehumispiste on korkea ja se liukenee trikloorieteeniin. Myös luonnon asfalteista liuottamalla saatava erotettu aine on bitumia. Bitumia käytetään rakentamisessa sen hyvien veden- ja vesihöyryneristyskykyjen ansiosta. Sen säänkestävyys on hyvä ja se kestää hyvin eri nesteiden kuten suolojen, emästen ja happojen vaikutusta. Liimana bitumi on hyvä materiaali sen liimausominaisuuksien takia. Yleisimpiä bitumin käyttökohteita rakennusalalla ovat kosteuden- ja vedeneristykset, tiivisteet, eristeiden liimaukset ja katteet. (13, s. 279.)

Bitumin valmistaminen onnistuu lähes kaikista raakaöljyistä. Taloudellisuuden takia todella kevyistä raakaöljyistä bitumin valmistaminen on kannattamatonta niiden alhaisen asfalteenipitoisuuden takia. Asfalteenipitoisuus kuvaa bitumin määrää, jota raakaöljystä voidaan saada. Bitumin valmistuksen työvaiheisiin kuuluu suolan poistaminen, raakaöljyn tislaminen, tyhjiötislaminen ja bitumin puhaltaminen (13, s.280.)

Rakentamisessa katteina käytettäviä bitumikermityyppyjä ovat yksikerroskate, sekä monikerroskate, jossa on pinta- ja aluskermi. Bitumikermejä valmistetaan kattohuopakoneiden avulla. Keskikerroksena oleva tukikerros kuivataan ja kyl-
lästetään bitumilla. Tämän työvaiheen jälkeen tukikerros saa molempiin pin-
toihinsa bitumipinnan pinta- ja aluskermi. Pintabitumien pinnoille levitetään siro-
tetta tai muuta tarttumisen estävää ainetta. Viimeisenä vaiheena bitumikermi
jäähdytetään, kasataan rulliksi ja pakataan varastointia varten. (13, s. 283.) Ku-
vassa 8 on esitetty bitumikermin rakenteen kerrokset.



KUVA 6. Bitumikermin rakenteen kerrokset (21)

Kuvan 6 rakennekerrokset on esitetty seuraavassa ulkopinnasta sisäpintaan päin:

1. liuskekivikerros
2. bitumimassa
3. tukikerros
4. bitumimassa
5. kiinnityspinta. (21.)

Bitumikatteen pinnassa käytettävät sirotteet jaetaan ala- ja yläpinnassa käytettäviin sirotteisiin. Alapinnan sirotteena käytetään yleensä hiekkaa ja yläpinnan sirotteena hiekkaa tai murskattua kiviainesta. Bitumikermejä voidaan valmistaa myös ilman sirotepintaa, jolloin toinen puoli kermistä ei sisällä sirotetta. Tässä tapauksessa kermien kiinnittyminen toisiinsa estetään muovikalvon tai silikonipaperin avulla. (13, s. 283–284.)

Ennen kermin asennusta silikonipaperi tai muovikalvo poistetaan ja kermi saadaan tarttumaan alustaan. Bitumikermiä käytettäessä pintakerminä kermin yläpintaan on laitettu sirotetta, jotta pinta on tarttumaton. Bitumikermiä voidaan käyttää päällimmäisenä kerroksena, jos katetta ei ole muulla tavalla suojattu. Eristyskermin molemmat pinnat ovat sirotettuja esimerkiksi hiekalla ja sitä on tarkoitettu käytettävän muiden huopien välisenä materiaalina. Painetta tasaavan kermin alapinta on sirotettu, minkä ansiosta kermi pystyy tasaamaan painetta itsensä alla. Paineentasausermin tarkoitus on tasata vesihöyryn paine katteen alla. Paineentasausermiä käytetään, jos katteen alla on esimerkiksi betonista tehty rakenne tai vanha huopakerros, jonka vesihöyryn läpäisyvastus on suuri. (13, s. 283–284.)

Nykypäivänä tunnettu kumibitumi keksittiin 1960-luvun loppupuolella. Niihin aikoihin aloitettiin käyttämään SBS-blokkipolymeeriä eli synteettistä kumia. Tätä synteettistä kumia voitiin käyttää yhdessä bitumin kanssa ja yhdistämällä näitä saatiin seokselle hyvä kumimainen ominaisuus. SBS-kumiin perustuvia bitumikermejä alettiin käyttää Suomessa vuonna 1976. Kumibitumista tehtävät tuotteet kestävät hyvin alustojen lämmöstä aiheutuvia liikkeitä, taipumia ja jään ruhjovaa vaikutusta ja ne ovat hyvin joustavia. (13, s. 285.)

Elastisien kumibitumikermien tukevassa kerroksessa käytetään lasikuitu- tai polyesterihuopaa. Huopa kyllästetään ja pinnoitetaan tai pelkästään pinnoitetaan bitumiseoksella, joka on tislattu tai puhallettu. Tähän seokseen on lisätty täyteaineita ja myös säänkestoa parantavaa styreenibutadieenipolymeeriä eli SBS-elastomeeriä noin 3–15 %. Hitsattavaksi tarkoitettujen kermien alapintaan on tehty polyeteeni- tai polypropyleenikalvo. Tämä kalvo estää kermikerrosten pintojen toisiinsa tarttumisen varastoinnin aikana. Asennettaessa kermiä lämmitetään ja kermi tarttuu kiinni alustaan. Hitsattaviin kermeihin lisätään hitsausbitumia valmistusvaiheessa joko kauttaaltaan tai raidoittain. Tämä mahdollistaa niiden helpon kiinnittämisen alustaan liekin tai kuumailman avulla. Liimattavien kermien pintaan on sirotettu hiekkapinta. (13, s. 285.)

Bitumituotteisiin verrattaessa kumibitumituotteet ovat venyvämpiä, taipuisampia ja mekaanisesti kestävämpiä. Kumibitumituotteet ovat myös helppoja asentaa ja kiinnittää alhaisissakin lämpötiloissa. Korkeammassa lämpötiloissa kumibitumit jäykistyvät ja ovat jäykempiä kuin tavalliset bitumituotteet ja kylmemmissä lämpötiloissa notkeampia. Kumibitumi on palavaa ainetta kuten tavallinen bitumi. (13, s. 285.)

3.3.5 Höyrynsulku

Höyrynsulun tarkoitus on estää vesihöyryn läpäisy rakenteessa. Höyrynsulku on yleensä muovista tai paperista tehty tiivis kerros. Taloissa höyrynsulun tarkoituksena on estää vesihöyryn läpäisy sisätiloista ympärillä sijaitseviin rakenteisiin. Jos vesihöyry pääsee rakenteisiin, ilma jäähtyy rakenteen ulkopintoja lähestyessä, jolloin kosteus tiivistyy kastepisteessä vesipisaroiksi kylmiin pintoihin. (22.)

Rakenteissa kostunut puu on huono asia, koska se mahdollistaa home- ja lahottajien hyvän kasvualustan, jotka pilaavat rakennuksen kantavia rakenteita ja saastuttavat ilmaa. Höyrynsulku asennetaan aina lämpimälle puolelle eristeitä. Höyrynsulku estää vesihöyryn läpäisyn ja se suojaa rakenteita mahdolliselta kosteudelta, lahoamiselta ja sieniltä. (22.)

Kosteuseristyskalvot

Kosteussulkuna käytetään erilaisia muovikalvoja niin lopulliseen kosteuden eristykseen kuin rakenteiden väliaikaiseen suojaukseen. Rakennustekniikassa yleisimmin suojaukseen käytetty kalvo on valmistettu LD-polyeteenistä. PE-LD-muovikalvo on melkein täysin vesihöyry- ja kaasutiivis. Myös joitain pehmeitä PVC-kalvoja käytetään kosteudeneristyksinä joissain tarkoituksissa. (13, s. 265–266.)

4 KATTOELEMENTTIKOMPONENTIN LUOMINEN

Ennen Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy:lle tuotetun komponentin aloitusta keskusteltiin kattoelementtikomponentin rakenteesta, materiaaleista sekä komponentin muokattavuudesta. Keskusteluissa käytiin läpi komponentin kriteerit ja rajattiin valmiin komponentin ominaisuudet ja muokattavuus.

4.1 Komponentin ominaisuuksien rajaus ja suunnittelu

Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy:n kattoelementtisuunnittelu oli tähän mennessä tehty Revit-ohjelmistoa käyttäen. Lähes kaikki muu suunnittelu tehtiin Tekla Structures -ohjelmistolla. Konzernissa oli herännyt ajatus ohjata myös kattoelementtisuunnittelu Tekla Structures -ohjelmistoon. Näin kattoelementtien suunnittelu voitaisiin tehdä samaan tietomalliin rakennuksen muun rungon kanssa. Tällöin suunnittelusta tulisi sujuvampaa ja elementtien yhteensovituksen tarkastaminen helpottuisi huomattavasti. Revit-ohjelmisto ei myöskään ollut paras ohjelma tuotantopiirustuksien ja asennuskaavioiden laatimiseen.

Kattoelementtikomponentin tarkoitus oli helpottaa kattoelementin suunnittelu- sekä mallinnustyötä. Komponentin tulisi olla helppokäyttöinen ja ominaisuuksien helposti muokattavia. Kattoelementin luovalla komponentilla oli tarkoitus saada luotua yksinkertainen suorakaiteenmuotoinen kattoelementti, jonka pituus määräytyy suunnittelijan antamien alkua- ja loppupisteen mukaan. Lisäksi elementin kokonaisleveyden tuli olla säädettävissä.

Komponenttiin päätettiin luoda useita eri parametreja, joita muokkaamalla voitaisiin muuttaa kattoelementin mittoja ja rakenneosia. Parametreiksi tähän kattoelementtikomponenttiin valittiin seuraavat asiat:

1. pääkannattajat:
 - pituus suunnittelijan antamien kahden pisteen mukaan
 - materiaali, leveys ja korkeus säädettävissä
2. apurunko
 - jako säädettävissä, jako tasataan viimeisessä välissä
 - materiaali, leveys ja korkeus säädettävissä

3. orret
 - jako säädettävissä, jako tasataan viimeisessä välissä
 - materiaali, leveys ja korkeus säädettävissä
4. alapinnan koolaus
 - jako säädettävissä
5. apusaumalauta
 - olemassaolo säädettävissä
 - valittavissa kumman pääkannattajan alla tämä on
 - materiaali, leveys ja korkeus säädettävissä
6. alapinnan levytys
 - valittavissa onko yksi vai kaksi levyä
 - materiaali ja levyn paksuus säädettävissä
 - apurunko ja koolaus seuraavat levymäärän ja paksuuden mukaan
7. yläpinnan levy
 - olemassaolo säädettävissä
 - materiaali ja levyn paksuus säädettävissä
8. päätylevyt
 - olemassaolo säädettävissä
 - materiaali ja levyn paksuus säädettävissä
9. eriste kattoelementin sisään
 - leveys kattoelementin mukaan
 - materiaali ja eristeen paksuus säädettävissä
10. höyrynsulku
 - ei mallineta, esitetään detaljina suunnitelmissa.

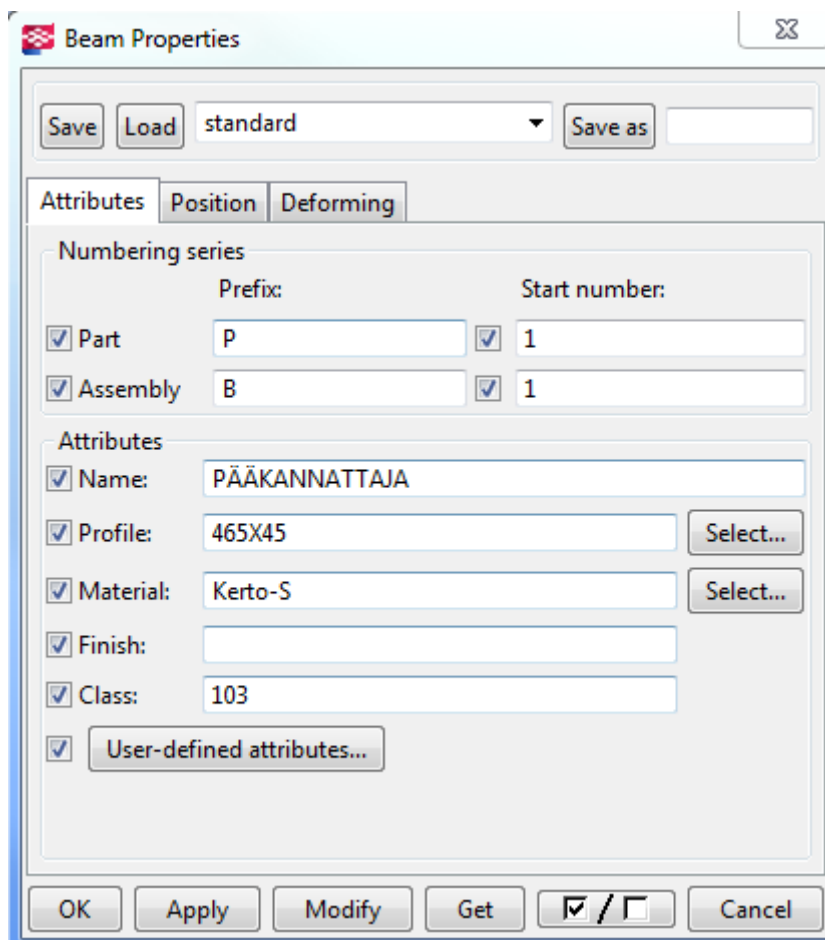
Tällä kattoelementtikomponentilla saadaan luotua perusgeometrian kattoelementti. Perusgeometriasta poikkeavat kohdat mallinnetaan tässä vaiheessa käsin.

4.2 Puurakenteinen kattoelementtikomponentti

Kattoelementtikomponentti lähdettiin tekemään tyhjään tietomalliin. Ennen älyn ja toiminnollisuuden lisäystä täytyi komponentissa olla objekteja, joita voitiin

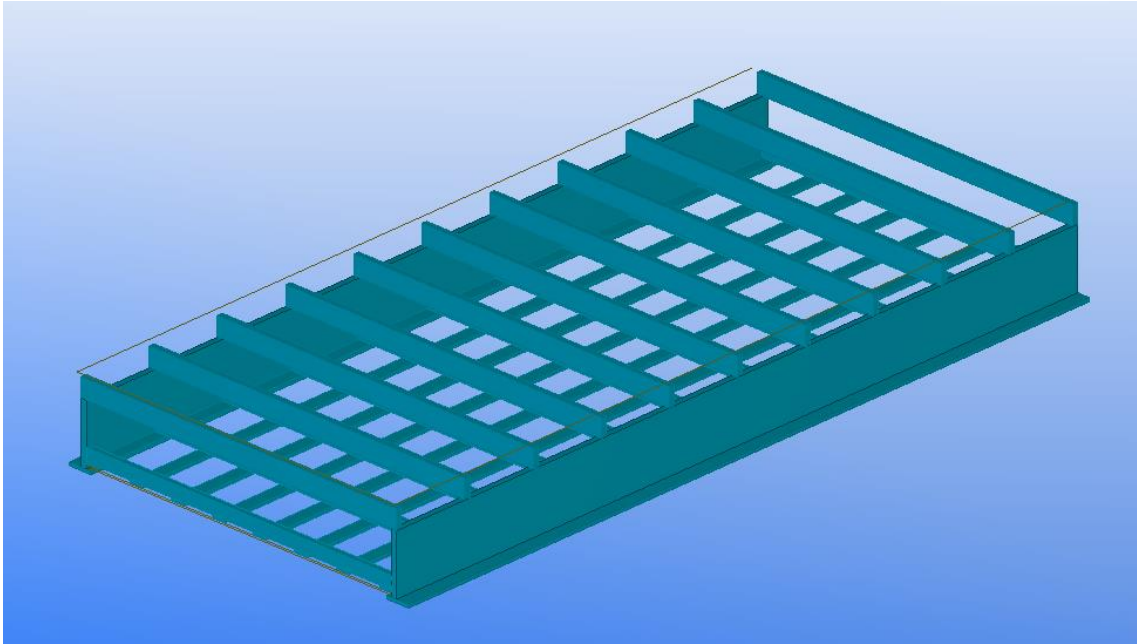
koodata. Siksi kattoelementin objektit tuli mallintaa tietomalliin ennen erinäisten objektien muuttamista yhtenäiseksi komponentiksi.

Ensimmäisenä mallinnettiin kattoelementin pääkannattajat. Eri objekteja voidaan mallintaa Beam-, Slab- tai Panel-työkaluilla. Pääkannattajat tehtiin tässä tapauksessa Beam-työkalulla, kuten myös muut puuosat. Käyttöliittymästä voi muuttaa etukäteen mallinnettavan objektin asetuksia, kuten nimi, koko ja materiaali (kuva 7). Muutokset onnistuvat objektiin myös myöhemmin tuplaklikkaamalla objektia.



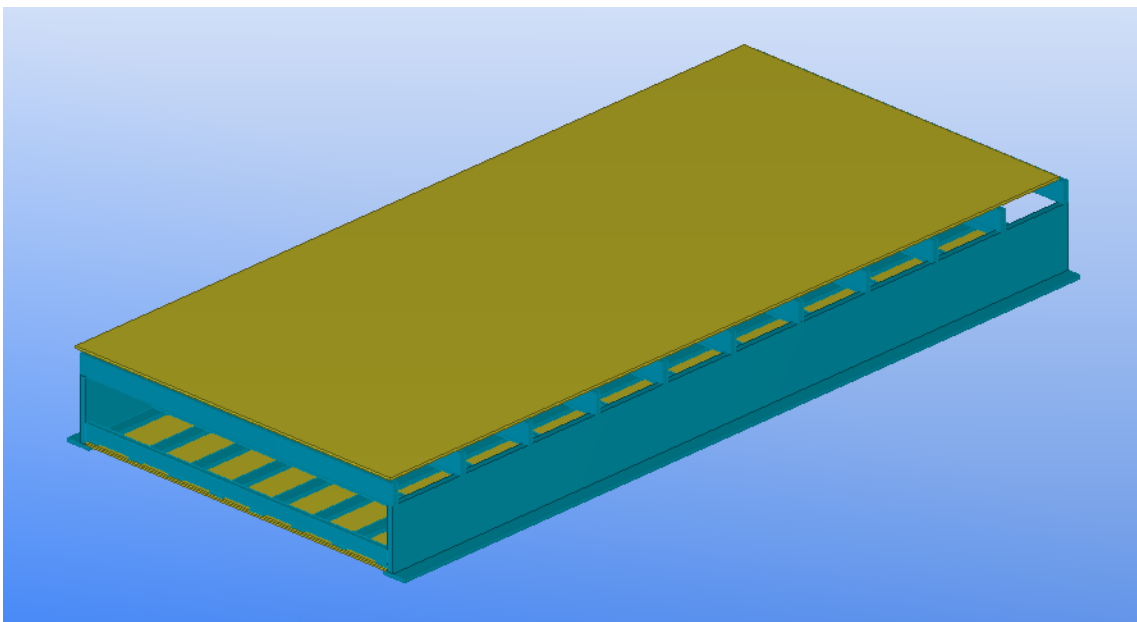
KUVA 7. Beam-käyttöliittymä

Pääkannattajien mallinnuksen jälkeen vuorossa olivat yläorret ja apurunko. Seuraavaksi komponenttiin luotiin koolauslaudat sekä pohjasaumalaudat, jotta useammat vierekkäiset elementit saadaan ladottua työmaalla helposti vierekkäin (kuva 8).



KUVA 8. Valmis runko

Viimeisenä komponenttiin lisättiin kipsilevy komponentin alalaitaan sekä OSB-levyt komponentin päätyihin ja elementin yläpintaan. Tämän jälkeen elementti oli mallinnettu ja valmis yhdistettäväksi yhtenäiseksi komponentiksi (kuva 9).

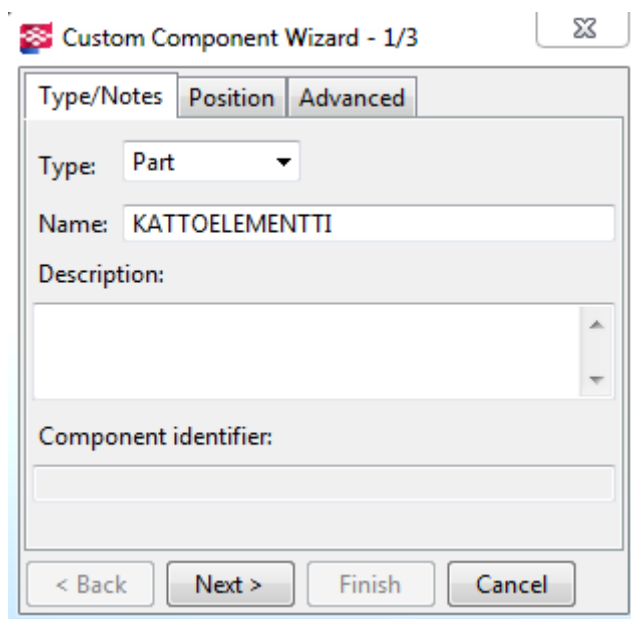


KUVA 9. Valmis elementti

4.2.1 Komponentin luominen

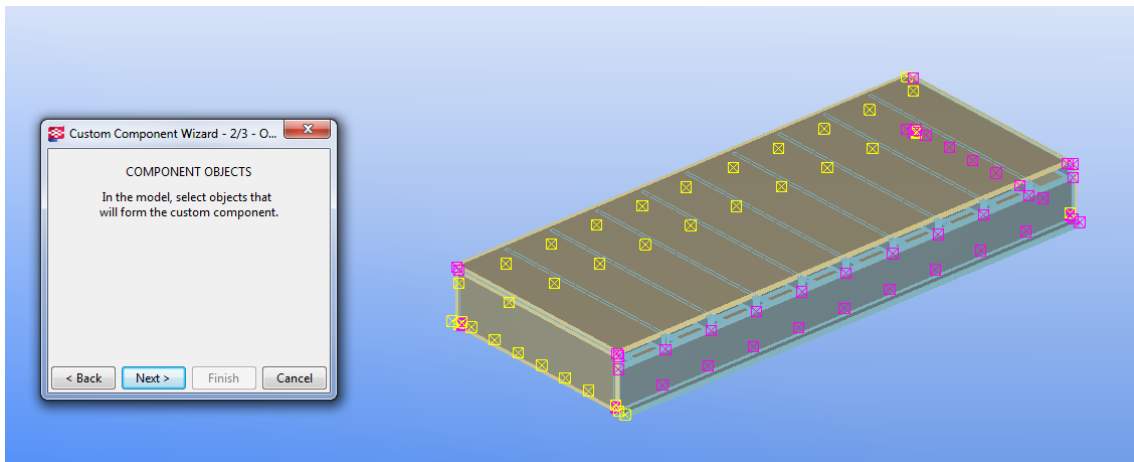
Tässä vaiheessa elementin kaikki objektit olivat vielä irrallisia ja itsenäisesti toimivia kappaleita. Elementti on useasta eri objektista koostuva yhtenäinen rakenne, joten se päätettiin tehdä kappalekomponentilla (Part).

Custom component wizard saatiin avattua detailing – component – define custom component -polkua käyttämällä. Komponentin tyyppiä valittiin Part ja sille annettiin työnaikainen nimi (kuva 10). Nimenannon jälkeen Next-painike muuttui painettavaksi ja sitä painamalla päästiin seuraavaan vaiheeseen.



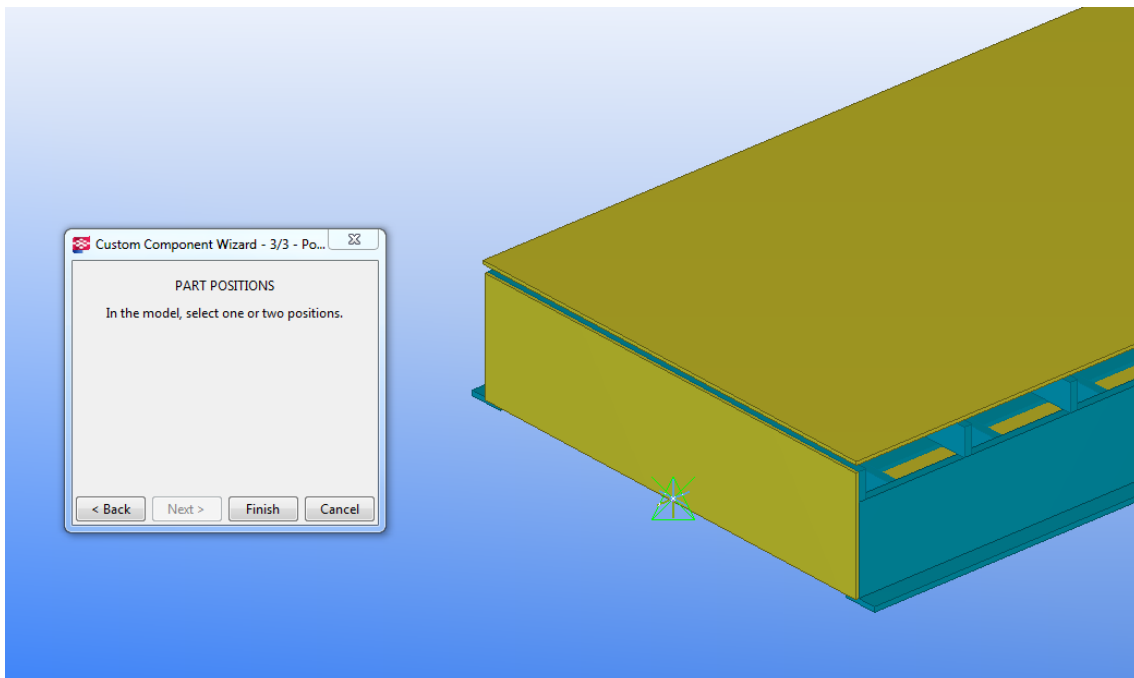
KUVA 10. Custom component wizard 1/3

Seuraavassa vaiheessa Custom component wizard käski valita komponenttiin kuuluvat objektit (kuva 11). Komponenttiin haluttavat objektit valittiin monivalinnalla ja painamalla Next-näppäintä siirryttiin viimeiseen vaiheeseen.

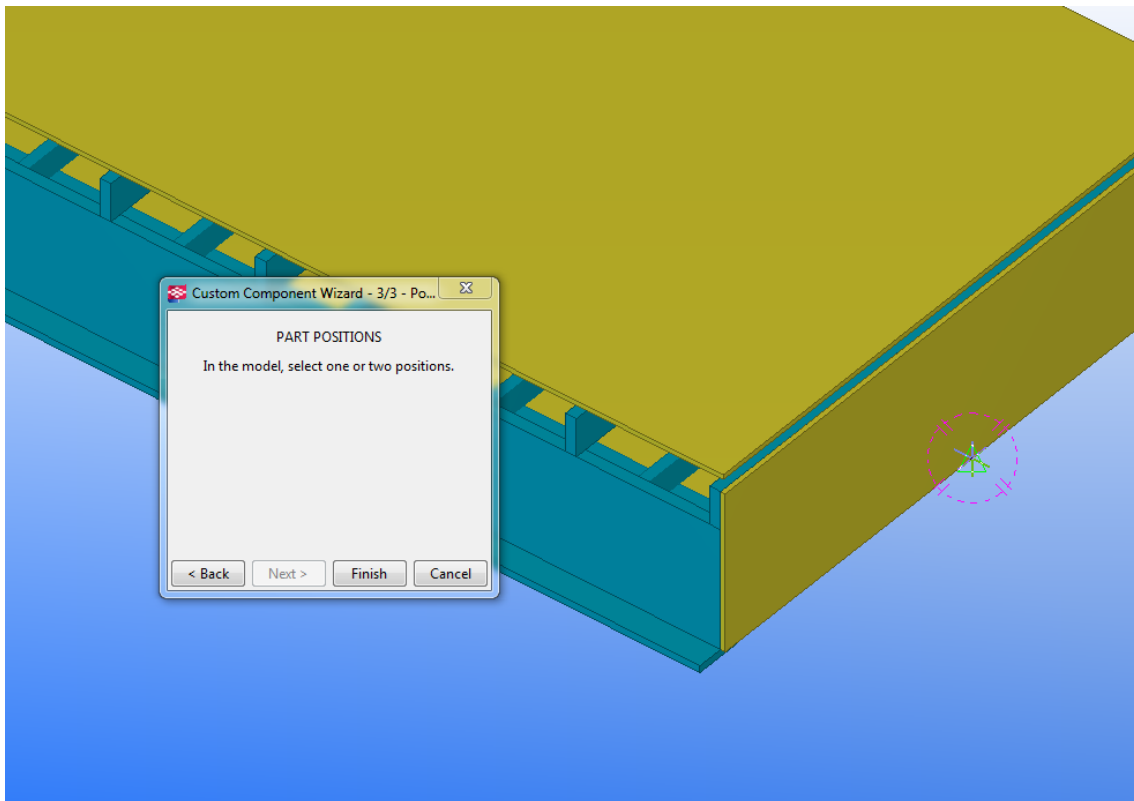


KUVA 11. Custom component wizard 2/3

Viimeisessä vaiheessa tuli valita koordinaatistosta yksi tai kaksi pistettä, jonka mukaan ohjelmisto piirtää komponentin, kun valmista komponenttia käytetään mallintamiseen. Tässä tapauksessa päätettiin valita kaksi pistettä, jolloin komponenttia käyttäessä voidaan määrittää aloituspiste sekä se, mihin suuntaan elementti piirtyy. Ensimmäiseksi pisteeksi valittiin elementin alkupää (kuva 12) ja toiseksi pisteeksi elementin loppupää (kuva 13).



KUVA 12. Custom component wizard 3/3, alkupiste



KUVA 13. Custom component wizard 3/3, loppupiste

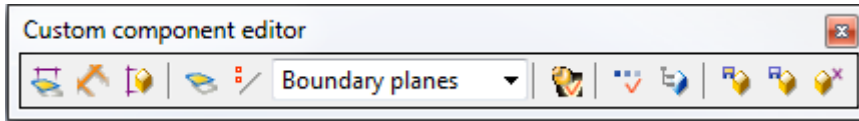
Tämän jälkeen komponentti oli luotu ja se löytyi Component -katalogista määritetyllä nimellä. Tässä vaiheessa komponentti piirtyy täsmälleen samanlaisena kuin se on alun perin mallinnettu, koska sillä ei ole vielä älyä eikä toiminnallisuutta. Komponentilla tehdyn elementin rakenteita voidaan tässä vaiheessa muokata ainoastaan räjäyttämällä komponentti detailing – component – explode component -polkua käyttämällä.

4.2.2 Toiminnollisuuden ja älyn lisääminen komponenttiin

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda Tekla Structures -ohjelmistossa toimiva ja käyttäjäystävällinen kattoelementtikomponentti, jonka parametreja muuttamalla käyttäjä pystyy muuttamaan kattoelementin dimensioita, materiaaleja, profiileja ja rakennetta.

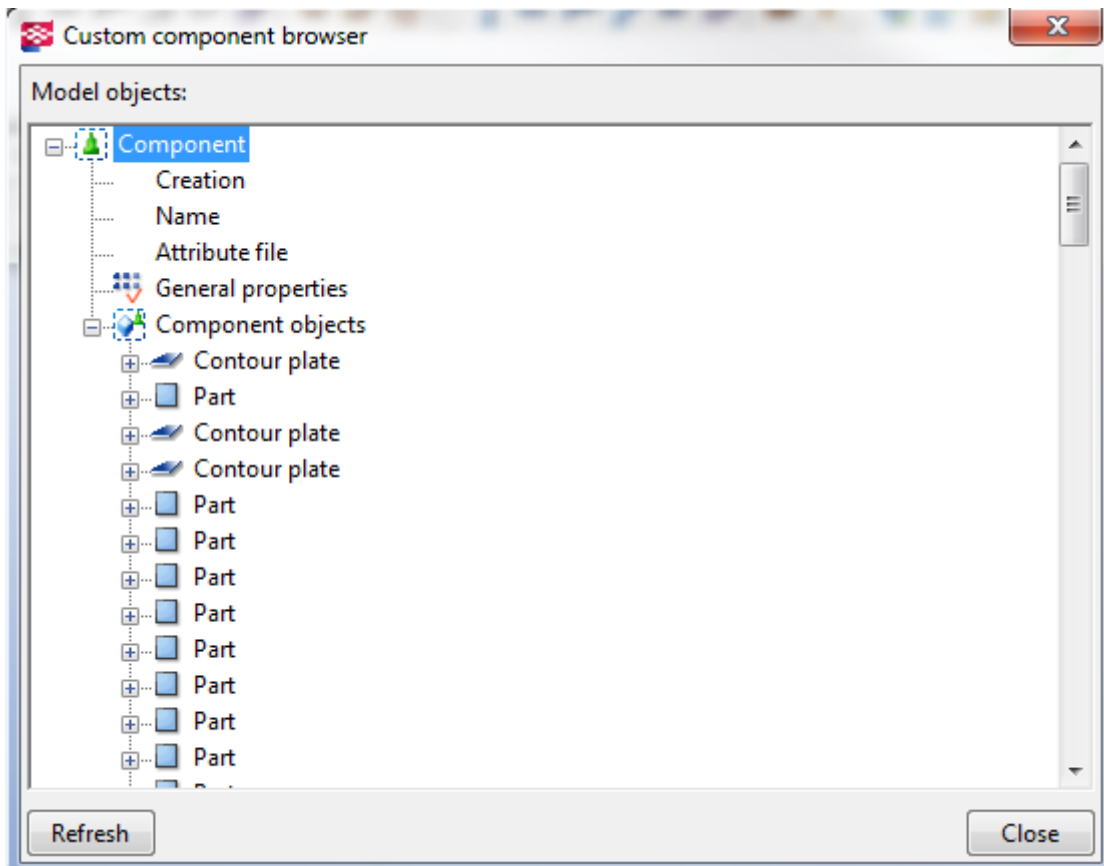
Ensimmäisessä vaiheessa tehtyä Custom componentia päästiin muokkaamaan Custom component editorissa polun detailing – component – edit custom component -kautta. Custom component editor -käyttöliittymässä tuli esille työkalu-

palkki, josta löytyivät tarvittavat komennot ja valikot toiminnollisuuden lisäämiselle komponenttiin. Työkalupalkista löytyivät tarvittavat toiminnot kappaleiden mittojen sidontaan, komponenttipuu, parametrivalikko ja tallennus- ja sulkemis-käskyt (kuva 14).



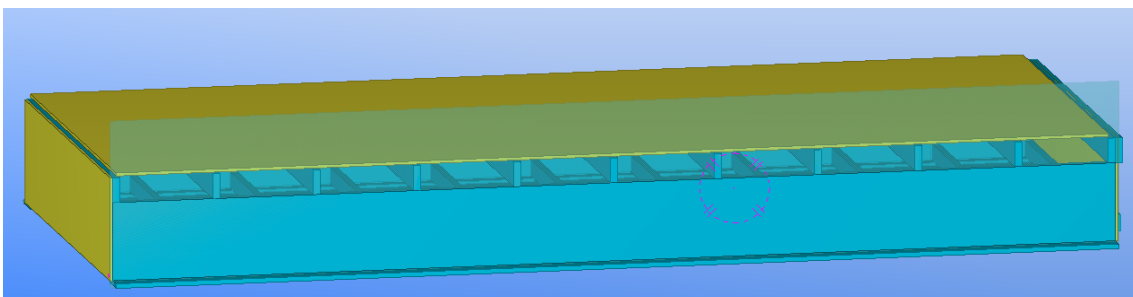
KUVA 14. Custom component editor -työkalupalkki

Työkalupalkin lisäksi Custom component editor loi komponentista automaattisesti neljä erilaista näkymää. Näkymiä löytyi edestä, päästä, ylhäältä ja lisäksi yksi näkymistä oli perspektiivinen. Painamalla Display Custom component browser -käskyä ruudulle avautui ikkuna, jossa oli lueteltu kaikki elementtikomponentin sisältämät objektit (kuva 15). Tämän ikkunan avulla pystyi määrittämään objekteille sääntöjä profiileista, nimistä, materiaaleista ja niiden olemassaolosta parametrien avulla. Custom component editorissa voidaan myös lisätä ja poistaa elementtikomponenttiin kuuluvia objekteja, jos niitä tarvitaan lisää tai joku objekti on jäänyt mallintamatta ensimmäisessä vaiheessa.



KUVA 15. Custom-komponentin sisältämät osat ja niiden säännöt

Komponentin toiminnollisuuden vaatimat säännöt, parametrit ja määrittäminen päästiin luomaan Custom component editorin Variables-ikkunan kautta. Toiminnollisuuden luonti aloitettiin lisäämällä Custom component editorin Create construction plane -komennolla aputasot elementin toiselle pitkälle sivulle ja päihin (kuva 16).



KUVA 16. Construction plane elementin kyljessä

Construction planen viereinen pääkannattaja sidottiin molemmista päistään aputasoihin kolmessa eri suunnassa Add fixed distance -komennolla. Sama

tehtiin myös toisen laidan pääkannattajalle. Nämä komennot loivat Variables-ikkunaan mitat pääkannattajille näiden etäisyyksien mukaan aputasoista. Mitat näkyivät Variables-ikkunassa sellaisina kiinteinä etäisyyksinä kuin ne oli mallinnettu. Jotta käyttäjä pystyisi säätämään elementin leveyttä, leveydelle täytyi luoda parametrisäntö, joka olisi käyttäjälle näkyvässä käyttöliittymässä.

Muokattavuutta varten lisättiin ikkunaan uusi parametriarvo, jolle määritettiin otsikko käyttöliittymää varten ja asetettiin se Show-komennolla näkyväksi Component editorin ulkopuolella. Vielä tehtävänä oli lisätä säntö dimension-arvolle. Mitan arvolle annettiin kaava, joka haki elementin leveyden mitan parametrin P59 kautta. Näin saatiin luotua muuttuja, johon käyttäjällä on pääsy mallin puolella ja joka määrittää elementin leveyden. Taulukossa 3 on esitettyä elementin leveyden parametri Variables-ikkunassa. Objektin profiili- ja materiaali parametri luotiin myös käyttäjän määriteltäväksi parametreilla.

TAULUKKO 3. Parametri elementin leveydelle

Name	Formula	Value	Value type	Variable type	Visibi...	Label in dialog box
P59	2455.00	2455.00	Length	Parameter	Show	ELEMENTIN LEVEYS

Kun pääkannattajat oli sidottu muuttuviksi komponenttiin, vuorossa olivat muut objektit. OSB- ja kipsilevyt sidottiin pääkannattajiin kolmessa suunnassa. Objekteille määritettiin tarvittavat parametrit, joiden muokkaukseen käyttäjällä oli pääsy käyttöliittymän kautta. Kipsilevyille määritettiin parametrit lukumäärälle ja paksuudelle. Pohjasaumalaudat sidottiin kolmessa suunnassa komponenttiin, mutta vain leveyssijainnille annettiin muokattava parametri. Pohjasaumalaudalle luotiin parametrit profiilin ja materiaalin määrittämistä varten. Myös olemassaololle määritettiin muokattavat parametrit (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Pohjasaumalaudan olemassaolon määrittävä muokattava parametri

Name	Formula	Value	Value type	Variable type	Visibi...	Label in dialog box
P66	1	1	Yes/No	Parameter	Show	LUODAANKO OIKEA POHJASAUMALAUTA

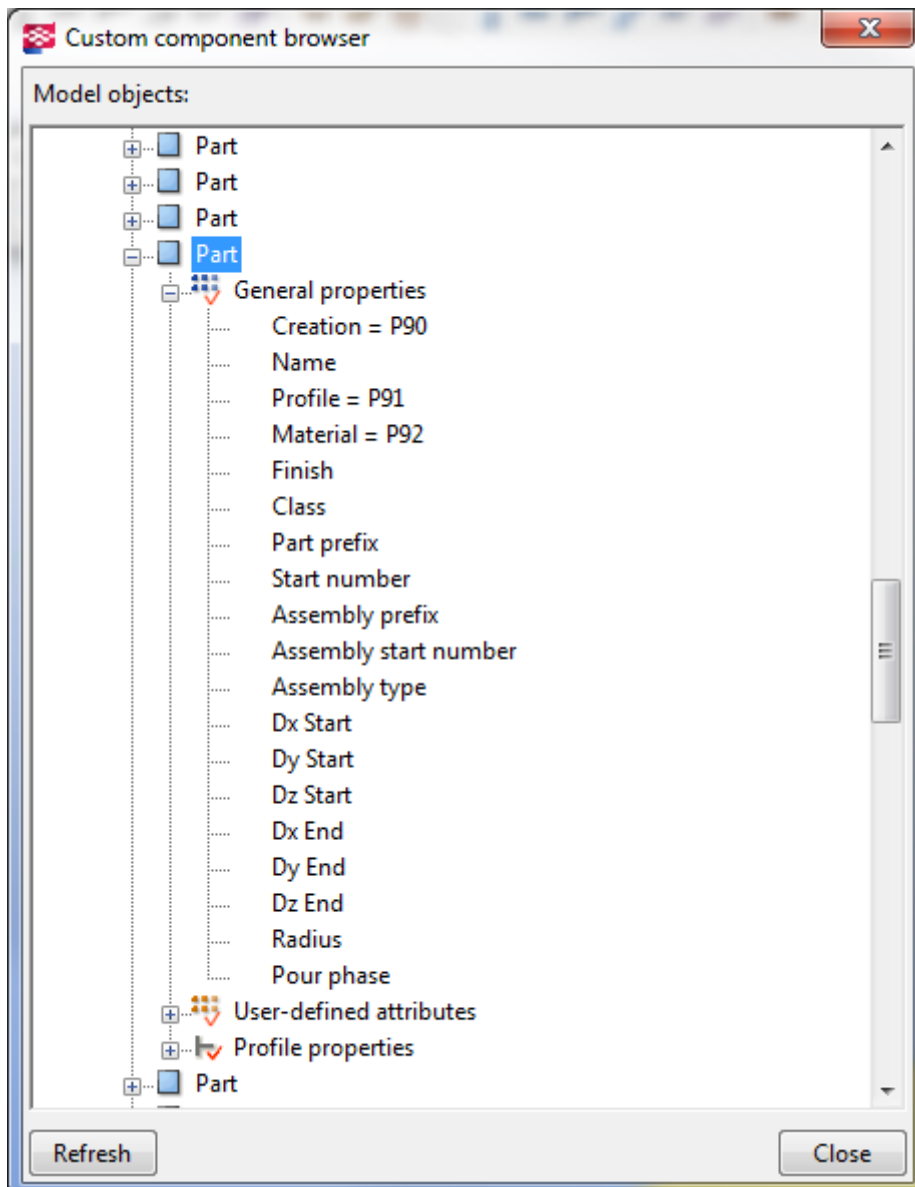
Apurungon ensimmäinen ja viimeinen puu sidottiin kipsilevyjen mukaan nurkistaan, jotta niiden sijainti elää korkeussuunnassa kipsilevyjen paksuuden ja lukumäärän mukaan. Katto-orret sidottiin pääkannattajiin samalla tavalla. Kipsilevyjen ja apurungon väliin jätettiin tilaa koolauslaudoille ja niiden jakomitalle ja olemassaololle oli luotava omat parametrit. Olemassaoloa varten nämä välipuut sidottiin komponentin alkupään mukaan.

Määritetyn kiinteän mitan tilalle määrättiin kaava, joka haki tiedot jakomitan mukaan, ja sijainnin mittaa verrattiin kaavalla elementin pituuteen. Ehdon täyttyminen määräsi välipuun tehtäväksi. Apurungolle ja katto-orsille luotiin parametrit, joilla käyttäjä pääsee muokkaamaan objektien jakoa, profiilia ja materiaalia. Apurungon ja kipsilevyjen väliin tuleville koolauslaudoille luotiin myös parametrit olemassaolosta edellä esitetyllä tavalla (taulukko 5).

TAULUKKO 5. Objektin olemassaolon määrittävä parametri

Name	Formula	Value	Value type	Variable type	Visibi...	Label in dialog box
P12	=if(D24<D53) then 1 else 0 endif	1	Yes/No	Parameter	Hide	Parameter12

Jotta määritetyt parametrit voitiin ottaa käyttöön, oli syötettävä parametrit Custom component browser -valikosta löytyvän objektin alle. Yhden katto-orren objektin olemassaolon, profiilin ja materiaalin alle oli määrättävä Variables-valikosta löytyvä määritetty parametri. Kuvassa 17 on esitettynä yhden katto-orren ominaisuudet koskien objektin olemassaoloa, profiilia ja materiaalia.



KUVA 17. Katto-orren ominaisuudet

Jäljellä oli enää eristeen määrittäminen elementille. Eriste mallinnettiin komponentin sisälle ja sidottiin alanurkistaan kiinni komponenttiin. Paksuudelle ja materiaalille luotiin muokattavat parametrit.

Jotta pystyttiin varmistamaan komponentin määrittämisen oikeanlainen toiminta, komponenttia oli kokeiltava mallin puolella aina parametrien määrittämisen jälkeen. Joissain tapauksissa objektien sitominen joihinkin pintoihin tuotti ongelmia, jotka saatiin ratkaistua luomalla apupaneeleita ja sitomalla objektien päät niihin.

Viimeisenä vaiheena oli jäljellä enää käyttöliittymän muokkaaminen käyttäjää varten. Variables-valikon kautta näkyviin asetetut parametrit löytyivät käyttöliittymästä. Parametrit olivat aluksi epäloogisessa järjestyksessä. Käyttöliittymää päästiin muokkaamaan Edit custom component dialog -komentoa käyttämällä. Käyttöliittymän parametrien sijaintia muutettiin loogisemmaksi, jotta komponentti on helpommin muokattavissa. Kuvassa 18 on esitettynä kattoelementtikomponentin valmis käyttöliittymä.

Tekla Structures x64 KATTOELEMENTTI_OPINNÄYTETYÖ (1)

Save Load < ExternalDesign > Save as Help...

ignore other types

Parameters 1 Position

ELEMENTIN LEVEYS	<input checked="" type="checkbox"/>	2685.00
PÄÄKANNATAJAN PROFIIILI	<input checked="" type="checkbox"/>	[465X45] ...
PÄÄKANNATAJIEN MATERIAALI	<input checked="" type="checkbox"/>	[Kerto-S] ...
APURUNGON PROFIIILI	<input checked="" type="checkbox"/>	[98X42] ...
APURUNGON MATERIAALI	<input checked="" type="checkbox"/>	[Kerto-S] ...
APURUNGON K-JAKO	<input checked="" type="checkbox"/>	[600.00]
ORSIEN PROFIIILI	<input checked="" type="checkbox"/>	[148X42] ...
ORSIEN MATERIAALI	<input checked="" type="checkbox"/>	[Kerto-S] ...
ORSIEN K-JAKO	<input checked="" type="checkbox"/>	[600.00]
LUODAANKO ERISTEKERROS	<input checked="" type="checkbox"/>	Yes
ERISTEEN MATERIAALI	<input checked="" type="checkbox"/>	Mineraalivilla_pehme: ...
ERISTEKERROKSEN PAKSUUS	<input checked="" type="checkbox"/>	[200] ...
KOOLAUSLAUTOJEN JAKO	<input checked="" type="checkbox"/>	[350]
KIPSILEVYN VAHVUUS	<input checked="" type="checkbox"/>	[13]
1 VAI 2 KIPSILEVYÄ ALAPINNASSA	<input checked="" type="checkbox"/>	[2]
LUODAANKO OIK. POHJASAUMALAUTA	<input checked="" type="checkbox"/>	Yes
LUODAANKO VAS. POHJASAUMALAUTA	<input checked="" type="checkbox"/>	No
POHJASAUMALAUDAN PROFIIILI	<input checked="" type="checkbox"/>	[27X180] ...
POHJASAUMALAUDAN MATERIAALI	<input checked="" type="checkbox"/>	[Kerto-S] ...
OIK. POHJASAUMALAUDAN SJAJINTI	<input checked="" type="checkbox"/>	[100.00]
VAS. POHJASAUMALAUDAN SJAJINTI	<input checked="" type="checkbox"/>	[100.00]
LUODAANKO VESIKATTOLEVY	<input checked="" type="checkbox"/>	Yes
LUODAANKO ALKUPÄÄN LEVY	<input checked="" type="checkbox"/>	Yes
LUODAANKO LOPPUPÄÄN LEVY	<input checked="" type="checkbox"/>	Yes
OSB-LEVYN YLITYS_OIKEA SIVU	<input checked="" type="checkbox"/>	[65.00]
OSB-LEVYN YLITYS_VASEN SIVU	<input checked="" type="checkbox"/>	[-50.00]

OK Apply Modify Get / Cancel

KUVA 18. Komponentin käyttöliittymä

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda helppokäyttöinen, säädettävä ja tarpeisiin sopiva kattoelementtikomponentti Tekla Structures -ohjelmistoon. Kattoelementin rakenteiden tuli vastata Takuuelementti Oy:n kattoelementin rakenteita sekä mittoja. Komponentin käyttöliittymän avulla tuli pystyä määrittämään kattoelementin mittoja, rakenteiden dimensioita ja materiaaleja sekä määräämään joidenkin rakenneosien olemassaolo.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi toiminnollinen kattoelementtikomponentti Insiööritoimisto Mäkeläinen Oy:lle. Komponentin käyttöliittymän avulla voidaan määrittää kattoelementin rakenteet, rakenteiden mittoja sekä määrittämään joidenkin rakenneosien olemassaolo. Komponentti sisältää kaikki tavoitteeksi asetetut toiminnollisuudet, joten opinnäytetyö oli onnistunut.

Ilman toiminnollisuutta olevan komponentin luominen oli helppoa, koska olen tehnyt mallinnustyötä Tekla Structuresilla pitkään. Älyn ja toiminnollisuuden lisäämisestä komponenttiin ei itselläni ollut ennestään tietoa juuri ollenkaan. Toiminnollisuus lisättiin yksi objekti kerrallaan. Toiminnollisuutta lisätessä piti komponentin toimivuus tarkistaa aina väliajoin mallin puolella. Komponentinrakentaminen antoi itselle aiempaa laajempaa näkemystä ja tietämystä komponenttien toiminnan rakenteesta mallinnusohjelmassa.

Suunnitteluprojekteissa komponenttien käyttö säästää mallintamisaikaa ja sen ansiosta nopeuttaa suunnitteluprosessia. Teklalta itseltään löytyy huomattava määrä omia komponentteja auttamaan mallinnusta projekteissa. Tekla Warehousesta löytyy myös paljon eri rakennustarvikevalmistajien omia komponentteja, joita voidaan hyödyntää mallinnustyössä. Tällaisia komponentteja ovat esimerkiksi erilaiset konepajoilla esivalmistettavat teräs- tai liitososat. Kuitenkaan läheskään kaikkiin tapauksiin ei ole olemassa valmiita komponentteja, ja näissä tapauksissa suunnittelutyötä helpottamaan täytyisi tuottaa itse komponentteja. Komponenttien tuottamiseen kuluu aikaa, mutta oikein tehtynä ne säästävät myöhemmin suunnittelutyöhön kuluvaan aikaan ja kuluja.

LÄHTEET

1. Edistyksellisiä ohjelmistoja rakennusallalle. 2016. Trimble Solutions Corporation. Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meista/lyhyesti>. Hakupäivä 8.11.2016.
2. Tekla Structures. 2016. Trimble Solutions Corporation. Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>. Hakupäivä 8.11.2016.
3. Tekla Structures ohjelmistokokoonpanot. 2016. Trimble Solutions Corporation. Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures/ohjelmistokokoonpanot>. Hakupäivä 8.11.2016.
4. Tekla Structures Full – kaikki toiminnallisuudet. 2016. Trimble Solutions Corporation. Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures/ohjelmistokokoonpanot/tekla-structures-full-%E2%80%93-kaikki-toiminnallisuudet>. Hakupäivä 8.11.2016.
5. What is a custom component. 2014. Tekla User Assistance. Saatavissa: https://teklastructures.support.tekla.com/200/en/det_cc_what_is_cc. Hakupäivä 8.11.2016.
6. About creating custom components. 2014. Tekla User Assistance. Saatavissa: https://teklastructures.support.tekla.com/200/en/det_cc_about_creating_custom_components. Hakupäivä 8.11.2016.
7. Exploding components. 2014. Tekla User Assistance. Saatavissa: https://teklastructures.support.tekla.com/200/en/det_cc_exploding_components. Hakupäivä 8.11.2016.
8. Creating a custom component. 2014. Tekla User Assistance. Saatavissa: https://teklastructures.support.tekla.com/200/en/det_cc_creating_custom_component. Hakupäivä 8.11.2016.

9. Custom component types. 2014. Tekla User Assistance. Saatavissa: https://teklastructures.support.tekla.com/200/en/det_cc_custom_component_types. Hakupäivä 8.11.2016.
10. Puuelementtirakentamisen edut. Pyhännän Rakennustuote Oy. Saatavissa: <http://www.prt-pro.fi/puuelementtirakentamisen-edut.php>. Hakupäivä 10.1.2018.
11. Lehto on lupauksemme. 2017. Lehto Group. Saatavissa: <https://lehto.fi/yritys>. Hakupäivä 2.9.2017.
12. Hyry, Harri 2017. Takuuelementin kehitys. Diplomityö.
13. Siikanen, Unto 2009. Rakennusaineoppi. 7. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy
14. Siikanen, Unto 2008. Puurakentaminen. 6. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy
15. Sahatavara. Puuinfo Oy. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/puutieto/sahatavara>. Hakupäivä 8.1.2018.
16. RT 21-11288. Puutavara, sahattu ja höylätty. 2017. Rakennustieto Oy.
17. SFS-EN 300. Oriented Strand Boards (OSB). 2006. Suomen standardisoimisliitto SFS.
18. Gyproc-käsikirja. 2016. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. Saatavissa: <http://www.gyproc.fi/tilaa-ja-lataa/gyproc-kasikirja>. Hakupäivä 8.1.2018.
19. RT 36-10689. Mineraalivillaeristeet. 1999. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 9.1.2018.
20. PVC-katteet. 2016. Ruuffi Oy. Saatavissa: <http://www.ruuffi.fi/pvc-katteet/>. Hakupäivä 9.1.2018.
21. RT 85-10799. Bitumikermikatteet, perustietoja. 2003. Rakennustieto Oy.

22. Höyrynsulun perusteet. 2016. Tee itse-lehti/Bonnier Publications International. Saatavissa: <https://teeitse.com/saasta-energiaa/eristys/hoyrynsulun-perusteet>. Hakupäivä 9.1.2018.