

# **CLT-suunnittelun kehittäminen**

## **Vertex-ohjelmisto**

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Puutekniikka

2023

Jani Ahokas

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Jani Ahokas	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2023
	Sivumäärä 52	
Työn nimi <b>CLT-suunnittelun kehittäminen</b> Vertex-ohjelmisto		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), puutekniikan koulutus		
Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) Lahden Puurakentajat Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Vertex BD -rakennussuunnitteluohjelmiston CLT-suunnittelua vastaamaan Lahden Puurakentajat Oy:n tarpeita. Opinnäytetyöhön kuului CLT-rakenteiden ja detajliikan tutkiminen ja kehitysideat Vertex-ympäristössä.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin jo olemassa olevia CLT-rakenteita seinien, kattojen ja välipohjien osalta. Detajliikkaa tutkittiin lähinnä Lahden Puurakentajien käyttämien liitostyyppien kautta. Vertex BD -ohjelmalla mallinnettiin mallitalo, jonka pohjalta tehtiin havainnot sekä kehitysideoita ohjelmiston CLT-mallintamisen suhteen.</p> <p>Suomessa on puurakentamisella pitkät perinteet, mutta CLT-rakentaminen on vielä suhteellisen uusi asia. Vertex BD:n puurakennesuunnittelu keskittyy suurelta osin ran- karunkoisten talojen mallintamiseen. Mallitalon suunnittelun yhteydessä huomattiin paljon puutteita CLT-rakenteiden ja detajliikan osalta. Jotta suunnittelutyö olisi suju- vaa, olisi Lahden Puurakentajien asiakaskohtainen käyttöympäristö päivitettävä vas- taamaan heidän tarpeitaan.</p>		
Asiasanat CLT, Vertex, tietomallinnus		

## Abstract

Author(s) Jani Ahokas	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2023
	Number of Pages 52	
Title of Publication <b>Development of CLT design</b> Vertex software		
Degree, Field of Study Bachelor of Engineering, Wood Technology		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Lahden Puurakentajat Oy		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to develop the CLT design of Vertex BD building design software to meet the needs of Lahden Puurakentajat Oy. The thesis included the study of CLT structures and details and development ideas in the Vertex environment.</p> <p>The thesis studied existing CLT structures for walls, ceilings and intermediate floors. Detailing was mainly studied through the connection types used by Lahden Puurakentajat. Vertex BD software was used to model a model house, which was used to make observations and development ideas for the CLT modelling of the software.</p> <p>Finland has a long tradition of wood construction, but CLT construction is still relatively new. Vertex BD's wood structure design focuses largely on the modelling of timber-frame houses. During the design of the model house, a large number of shortcomings were noted in terms of CLT structures and detailing. In order to streamline the design work, the customer-specific operating environment of Lahden Puurakentajat should be updated to meet their needs.</p>		
Keywords CLT, Vertex, modelling		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
1.1	Lahden Puurakentajat Oy .....	1
1.2	Vertex.....	1
1.3	Tausta ja tavoitteet .....	1
2	Rakennuksen mallinnus.....	3
2.1	Tietomallinnus .....	3
2.2	IFC-tiedosto.....	3
2.3	Suunnitteluvaihe .....	4
2.4	Rakentamisvaihe .....	5
2.5	Tietomallinnuskoordinaattori .....	5
3	CLT-rakennetyypit .....	7
3.1	Runkojärjestelmät.....	7
3.2	Kattojärjestelmät.....	9
3.3	Välipohjajärjestelmät.....	10
4	CLT-liitosdetaljiikka.....	13
4.1	Runko .....	13
4.2	Katto.....	16
4.3	Välipohja.....	23
5	CLT-detalljiikka Vertexissä .....	26
5.1	Runko.....	26
5.2	Katto.....	32
5.3	Välipohja.....	35
5.4	Uuden detaljin luominen .....	39
6	CLT-elementtikuvat.....	44
7	Yhteenveto ja pohdinta .....	50
	Lähteet .....	51

# 1 Johdanto

## 1.1 Lahden Puurakentajat Oy

Lahden Puurakentajat Oy (LPR) on perustettu vuonna 2017, kun se osti 2013 perustetun Vili Koskinen Tmi:n. Yrityksen toimitusjohtajana on vuodesta 2021 saakka toiminut Jari Koskinen ja samalla Vili Koskinen siirtyi yrityksen hankejohtajaksi. (Lahden Puurakentajat 2023.)

LPR on erikoistunut massiivipuisten pientalojen rakentamiseen ja suunnitteluun. Erityisesti yritys keskittyy CLT-tekniikalla valmistettuihin taloihin. LPR onkin yksi vanhimmista CLT-rakentajista Suomessa ja heillä on kokemusta tuhansien CLT- elementtien pystytyksestä. (Koskinen 2023.)

## 1.2 Vertex

Vertex Systems on suomalainen ohjelmistoratkaisujen toimittaja teollisuudelle. Yrityksellä on alalta 45 vuoden kokemus ja sillä on toimintaa 147 maassa. Vertexin asiakkaita ovat metalliteollisuuden kone- ja laitevalmistajat, teolliset rakentajat, kalusteiden valmistajat, laistotoimittajat ja prosessiteollisuus. (Vertex 2023a.)

Vertex BD on teollisen rakentamisen tietomallipohjainen rakennesuunnitteluohjelmisto. Vertex BD:n avulla hallitaan rakennuksen suunnittelu- ja valmistusprosessi myynnistä asennukseen. (Vertex 2023b.)

Vertexin ohjelmalla on suunniteltu pitkään rankarunkoisia taloja. CLT on ohjelmistolle uusi tuote ja sen takia ohjelmiston kehittäminen CLT rakentamiseen on tärkeää niin Vertexille, kuin myös Lahden Puurakentajille. (Koskinen 2023.)

## 1.3 Tausta ja tavoitteet

Kun rakentaminen on ennen ollut sitä, että suunnittelu-aika on ollut lyhyt ja itse rakennusaika pitkä, on LPR:n toiminta-ajatus päinvastainen. Hyvällä ja tarkalla suunnittelulla sekä CLT-detallijikalla saadaan rakennusaikaa työmaalla lyhennettyä huomattavasti. Tulevaisuuden tavoite onkin saada talo muuttokuntoon kuukauden sisään siitä, kun saavutaan työmaalle. Yritys onkin vuosien varrella kehittänyt paljon detallijikkaa ja optimoinut tuotantotapojaan saadakseen työmaa-ajan mahdollisimman lyhyeksi. (Koskinen 2023.)

Yksi hankalimmista asioista, joka toistuu projektista toiseen, on suunnittelu. Suomessa on tapana, että suunnittelutyön tekee joku ulkopuolinen taho ja tämä aiheuttaa hankaluuksia projektien läpivienneissä. Esimerkiksi Keski-Euroopassa valmiin valmiusasteen tuotteilla

toimivilla yrityksillä on oma suunnittelu. Lahden Puurakentajat Oy kehittää myös toimintaansa tähän suuntaan ja nykyään jokainen kohde menee jossain määrin aina oman suunnittelun läpi ja yrityksellä onkin tavoitteena saada koko suunnitteluprosessi täysin omaan hallintaansa. Näin kokonaisuudesta saadaan selkeämpi projektin jokaiselle osapuolelle. (Koskinen 2023.)

Massiivipuurakentamisen teollistumisessa on omat haasteensa. CLT on rakennusmateriaalina hyvä, mutta kun siitä tehdään korkean valmiusasteen tuotteita, on suunnittelutyön myös oltava tarkkaa. CLT- talo vaatii poikkeuksetta tarkat suunnitelmat ennen työn aloittamista. Jos talosta ei tehdä tarkkoja tietomalleja, on asioiden yhteensovittaminen mahdotonta. Mitä tarkemmat suunnitelmat ovat, sitä kustannustehokkaampaa tuotanto myös on. (Koskinen 2023.)

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää suunnittelua niin, että suunnitelmiin tulisi automaationa mahdollisimman paljon tietoa, jota tarvitaan elementtien valmistukseen tehtaalla. Lahden Puurakentajat Oy käyttää suunnittelussa Vertex- ohjelmistoa, joten opinnäytetyö tehdään pääosin Vertexin ympärillä.

## 2 Rakennuksen mallinnus

### 2.1 Tietomallinnus

Rakennuksen tietomallista käytetään lyhennettä BIM (Building Information Model). Rakennuksen tietomalli kuvaa kohteen fyysistä olemusta, toimintatapaa ja toteutusta niin, että kaikki rakennuksen kanssa tekemisessä olevat saavat siitä tarvitsemansa tiedon. Rakennuksista on tehty kolmiulotteisia malleja jo ennen tietokoneaikaa. Rakennuksista on mallinnettu pienoismalli, joka havainnollistaa tulevan rakennuksen muotoa ja ulkoista olemusta. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 12, 15.)

Tietomallien ydin työmaalla muodostuu suunnittelijoiden laatimista suunnittelumalleista. Suunnittelija muodostaa tietomallin olevasta suunnittelukohteesta käyttäjien tarpeen ja tilaajan asettamien vaatimusten mukaan. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 14.)

Kuvassa 1 on Vertex-ohjelmalla tietomallinnettu talo, jossa näkyy eri rakennekerrokset.

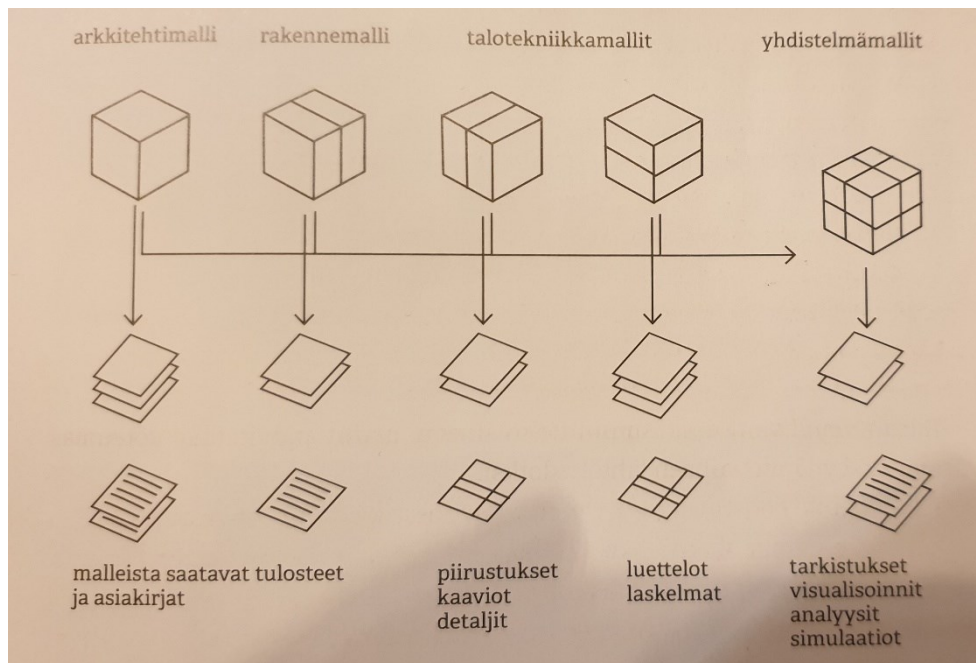


Kuva 1. Tietomallinnettu pientalo (Vertex 2023c)

### 2.2 IFC-tiedosto

IFC (Industry Foundation Classes) -tiedostolla tarkoitetaan tiedonsiirtomuotoa, jolla eri suunnittelijoiden malleja voidaan siirtää ohjelmistosta toiseen. IFC-mallilla tarkoitetaan kolmiulotteista mallia, joka sisältää sovitun geometrian ja tietosisällön käyttötarkoitukseen ja suunnitteluvaiheeseen sopivana. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 23).

Kuvassa 2 on esitetty suunnittelijoiden laatimat keskeiset mallit ja periaate yhdistelmämallista. Rakennuksen eri suunnittelijat käyttävät oman alansa tietomallinnusohjelmia, joten alkuperäiset mallinnukset muutetaan IFC-tiedostomuotoon, joista voidaan koota rakennuksen yhdistelmämalli (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 21.).



Kuva 2. Suunnittelijoiden tietomallit (Jäväjä & Lehtoviita 2016)

### 2.3 Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheen aikana rakennushankkeesta tuotetaan siihen tarvittavat suunnitelmat ja näille suunnitelmille haetaan viranomaisten hyväksyntä. Suunnitteluvaiheen aikana keskeisiä toimijoita ovat kohteen rakennuttaja, tilaaja, käyttäjät, sekä eri alojen suunnittelijat. Yhteistyö eri suunnittelijoiden kesken aloitetaan suunnittelun alkuvaiheessa. Näin esimerkiksi LVI- ja sähkösuunnittelijat voivat jakaa tilavaraustietoja muille suunnittelijoille. (Mäki ym. 2012, 6–7.)

Tietomallintamista hyödyntävässä suunnitteluprosessissa arkkitehti laatii ensin niin kutsutun arkkitehtimallin, jonka pohjalta rakennesuunnittelija tekee rakennetietomallin. Rakennetietomalli sisältää tiedot esimerkiksi rakennuksen kantavista rakenteista. Tämän mallin pohjalta tehdään LVIS- ja sähkösuunnitelmat. (Mäki ym. 2012, 7.)

RT kortissa 10–11070 (2012, 2) todetaan rakennetietomallin vaatimuksista, että kaikki kantavat rakenteet sekä ei-kantavat betonirakenteet on mallinnettava rakennemalliin. Mallinnettava on myös sellaiset tilaa vievät rakennustuotteet, joiden koolla ja sijainnilla on merkitystä muille suunnittelijoille.

Arkkitehti- ja rakennetietomallit on hyvä olla mahdollisimman valmiit ja mielellään ”lukittuja” ennen kuin LVIS-suunnittelijat aloittavat taloteknisten järjestelmien mallintamisen. Suunnitelmamuutokset LVIS-malleihin on teknisesti hankalaa ja aikaa vievää. Myös sähkösuunnittelijat tekevät vastaavasti omat mallintamiset rakennetietomalliin. (Mäki ym. 2012, 7.)

Hankkeen suunnitteludokumentit jaetaan selainpohjaisissa projektipankeissa, joihin kaikilla osapuolilla on pääsy. Rakennushankkeen eri suunnittelijoiden välistä yhteistyötä koordinoidaan suunnittelukokouksissa ja tarpeen mukaan suunnittelijat kokoontuvat erilaisiin palaveriin, joissa ratkotaan esiin tulleita ongelmia ja verrataan suunnitelmien yhteensopi- vuutta. (Mäki ym. 2012, 7.)

## 2.4 Rakentamisvaihe

Rakentamisvaihe limittyy yleensä suunnitteluvaiheen kanssa ja siinä korostuvat rakennuttajan, urakoitsijoiden ja materiaalitoimittajien roolit. Rakennusvaiheeseen kuuluu hankkeen toteutuksen suunnittelu, hankintojen tekeminen ja suunnitelman mukaisen rakennuksen rakentaminen. Rakentamisvaiheessa tietomallien pääasialliset käyttäjät ovatkin työmaainsinöörejä, jotka hyödyntävät malliin syötettyjä tietoja määrälaskennassa, aikataulusuunnittelussa ja myös työntekijöiden ohjaamisessa. (Mäki ym. 2012, 6, 13.)

Hankkeen rakentamisvaiheessa ja rakentamiseen liittyvissä valmisteluissa urakoitsijat voivat käyttää tietomalleja perehdyttäessä kohteeseen ja sen suunnitelmiin, sekä tiedonhaussa tarjousvaiheessa, hankinnoissa ja työmaatoteutuksessa. Tietomallit auttavat myös rakentamisen aikaisessa koordinoinnissa, tuotannon aikataulutuksessa, työjärjestysten suunnittelussa, työmaan alueen käytön suunnittelussa, sekä työturvallisuussuunnittelussa, esimerkiksi putoamissuojaussuunnittelussa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 8.)

## 2.5 Tietomallinnuskoordinaattori

Hankkeen alkuvaiheessa rakennuttaja nimeää riittävän pätevän ja osaavan henkilön tietomallikoordinaattoriksi. Koordinaattorin vastuulla on huolehtia alustavan tietomallinnussuunnitelman laadinnasta ja koordinoida eri suunnittelualojen tietomallinnustehtävistä. (RT 10–11076, 2012, 3.)

RT-kortin 10–11076 (2012, 3) mukaan koordinaattorin pääasiallisia tehtäviä ovat tietomallinnustehtävien, -vastuiden ja -velvollisuuksien selvittäminen jokaiselle hankkeen osapuolelle. Tietomallikoordinaattori yhdessä pääsuunnittelijan kanssa huolehtii, ohjeistaa,

koordinoi ja ohjaa tietomallinnustehtäviä koko hankkeen ajan. Koordinaattorin vastuulla on myös raportoida hankkeen ja suunnittelun johdolle erillisten suunnittelukokousten yhteydessä. Raportista tulisi selvittää vähintään tietomallintamisen status, tehdyt toimenpiteet, laadunvarmistuksen tulokset sekä mahdolliset ongelmat.

Tietomallinnuskoordinaattoriksi valittu henkilö voidaan tarpeen vaatiessa vaihtaa. Koordinaattorin vaihtaminen ei ole kuitenkaan suositeltavaa. (RT 10–11076, 2012, 3.)

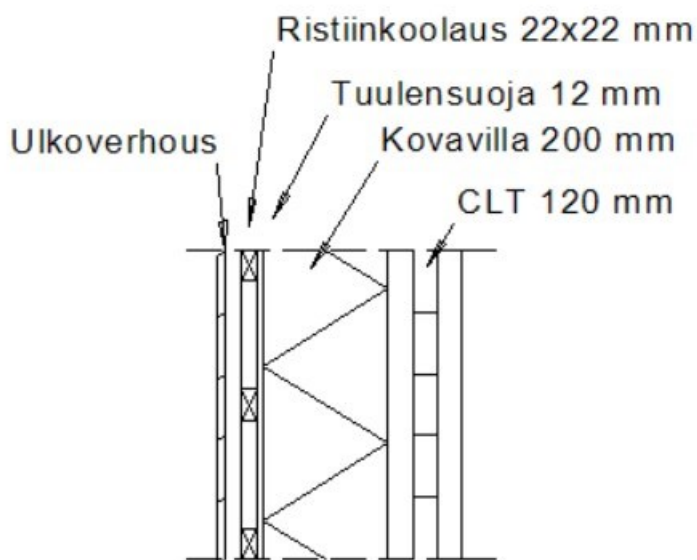
### 3 CLT-rakennetyypit

#### 3.1 Runkojärjestelmät

CLT (Cross Laminated Timber) on kantava massiivipuulevytuote, joka on valmistettu ristikkäin liimatuista lautalevykerroksista, toisin sanoen lamelleista. Lamellien raaka-aineena käytetään kuusi- tai mäntysahatavaraa. Lamellien paksuudet ovat yleisesti 20, 30 tai 40 mm ja näistä valmistetaan CLT-levyjä, joiden paksuus vaihtelee tavallisesti 60 ja 400 mm:n välillä. Yleisin levyjen leveys on 2450 mm – 3500 mm ja pituus 12 m – 24 m. (Puuinfo 2022a.)

CLT-elementteihin tehdään tehtaalla CNC-koneistuksella valmiiksi ikkuna- ja oviaukot, sekä LVIS-asennuksille vaadittavat työstöt. Rakentamista työmaalla nopeuttaa myös tehtaalla mahdollisesti valmiiksi asennettavat ulkoverhoukset, eristeet, ikkunat ja ovet. (Siikanen 2016, 105.)

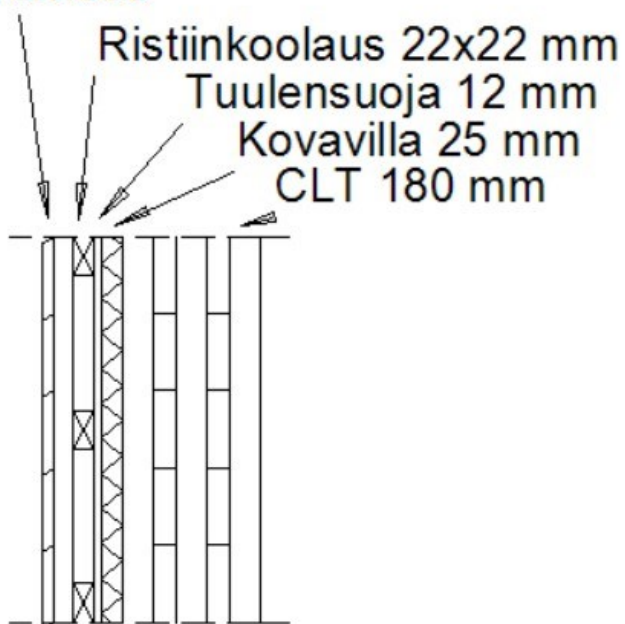
Kuviossa 1 on esitelty kolmelamellisen 120 mm CLT-seinän perusrakenne, jossa on lämmöneristeenä 200 mm kovavillaa + 12 mm:n tuulensuojalevy.



Kuvio 1. CLT 120 mm + kovavilla 200 mm

Kuviossa 2 näkyy rakenne viisilamelliselle 180 mm CLT-seinälle. Rakenteessa on lämmöneristeenä 25 mm:n kovavilla + tuulensuojalevy.

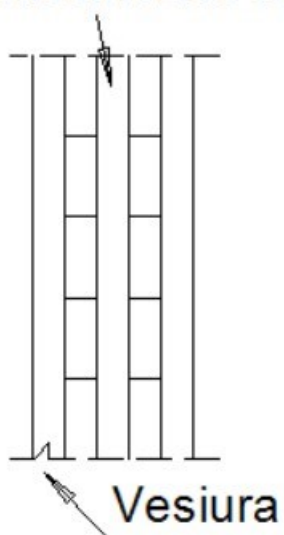
## Ulkoerhoous



Kuvio 2. CLT 180 mm + 25 mm kovavilla

200 mm paksu massiivinen CLT-seinä (kuvio 3) voidaan tehdä myös ilman lisälämmöneristystä, jolloin rakennuksen julkisivu jää myös puupinnalle. Tämän tapaisessa rakenteessa tulee elementin alapintaan tehdä vesiura. Vesiura voidaan tehdä valmiiksi tehtaalla, tai sen voi tehdä työmaalla, jolloin ura saadaan varmasti samaan linjaan koko seinän matkalta.

## CLT massiivi 200 mm

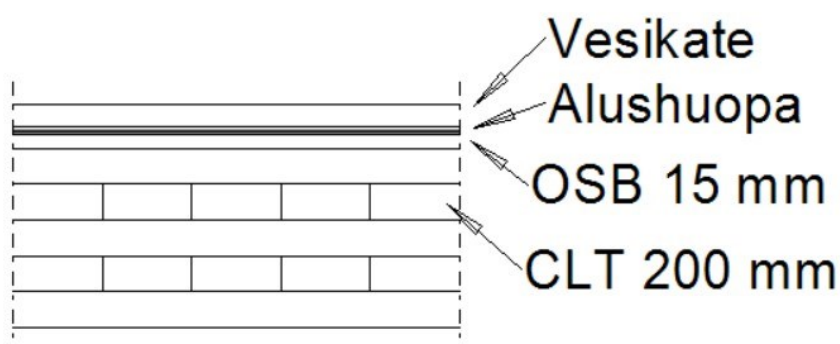


Kuvio 3. CLT massiivi 200 mm vesiuralla

### 3.2 Kattojärjestelmät

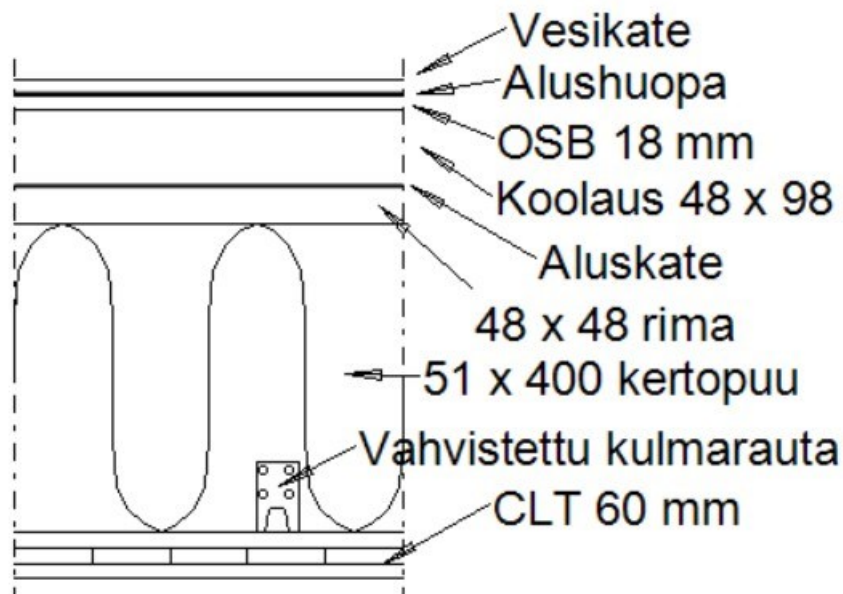
CLT-kattoja voidaan toteuttaa massiivisena, kertopuupalkkirunkoisena tai perinteisellä NR-ristikkojärjestelmällä. Kertopuurunkoisena ja NR-kattoristikon alapinta voidaan verhoilla 60–90 mm:n CLT-elementillä kiinnittämällä se kulmarauudoilla kattotuoleihin.

Kuviossa 4 esitetään massiivinen kattojärjestelmä, jossa CLT-elementin päälle on ruuvikiinnitetty 15 mm:n OSB-levy. Vesikatteen ja CLT:n väliin on poltettu alushuopa. Rakenteen voi tehdä myös jättämällä OSB-levyn pois ja kiinnittämällä huovan suoraan CLT-elementtiin, mutta katon mahdollisia muutostöitä helpottamaan on suositeltavaa laittaa OSB-levy väliin.



Kuvio 4. CLT 200 massiivikatto

Kuviossa 5 näkyy kertopuupalkeilla toteutetun kattojärjestelmän runkorakenne, jossa alapuolella näkyvänä pintana on 60 mm paksu CLT-levy. CLT on kiinnitetty 90 x 90 x 60 mm:n vahvistetulla kulmaraudalla kertopuupalkkiin. Vesikatetta kohti mentäessä runkorakenteena on 51 x 400 mm:n kertopuupalkki ja 48 x 48 mm:n rima ja tämä 450 mm:n tila on täytetty esimerkiksi ekopuhallusvillalla. Villan päällä on aluskate, jonka päällä 48 x 98 mm:n koolaus katon tuulettuvana tilana. Koolauksen päällä 18 mm:n OSB-levy, alushuopa ja vesikate esimerkiksi konesaumapelti.



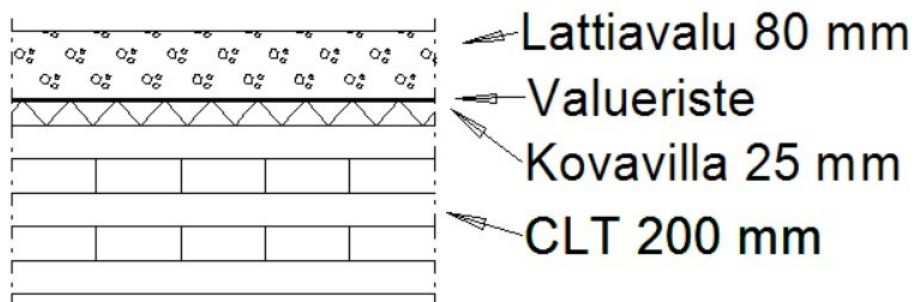
Kuvio 5. Katon rakenne kertopuupalkeilla

### 3.3 Välipohjajärjestelmät

Rakennuksen välipohjissa CLT-levyjä on mahdollista käyttää sellaisenaan tai yhdessä palkkirakenteen kanssa. Myös liittorakenne betoni- tai kipsivalun kanssa on yleinen toteutus-tapa. Liittorakenteessa palosuojana toimii CLT-levy ja betoni- tai kipsivalu kantavuutta lisäävänä ja ääntä eristävänä rakenteena. Liittorakenne voidaan toteuttaa myös niin sanotuilla uivilla lattiakerroksilla ja levy jäykistää palkeilla. Välikatto voidaan tehdä myös massiivisena CLT-levynä, jos kohteessa ei ole äänieristävyydelle asetettu kovia vaatimuksia. (Puuinfo 2022b.)

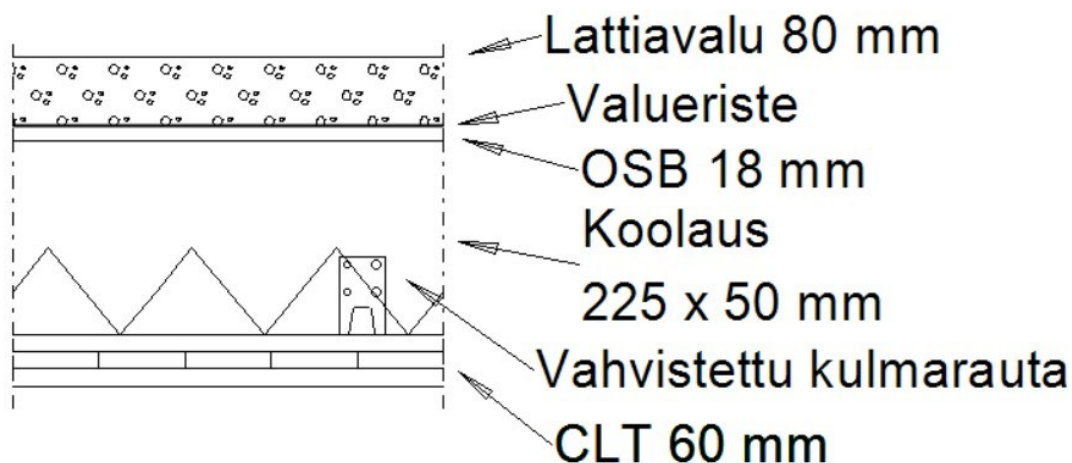
Välipohjissa käytetään myös kotelopalkkirakennetta, joka koostuu kahdesta ohuesta CLT-levystä ja niiden väliin tulevista massiivipuupalkeista. CLT-levyjen väliin jäävä tyhjä tila voidaan myös eristää. Kotelopalkki valmistetaan liimaamalla se CLT-puristimessa ja valmistamisessa ei tarvitse käyttää mekaanisia kiinnikkeitä. (Tts 2016.)

Kuviossa 6 on rakenteena massiivinen 200 mm:n CLT, jonka päällä 80 mm betonivalu. Puukerroksen ja betonin välissä 30 mm:n kovavilla ja valueriste.



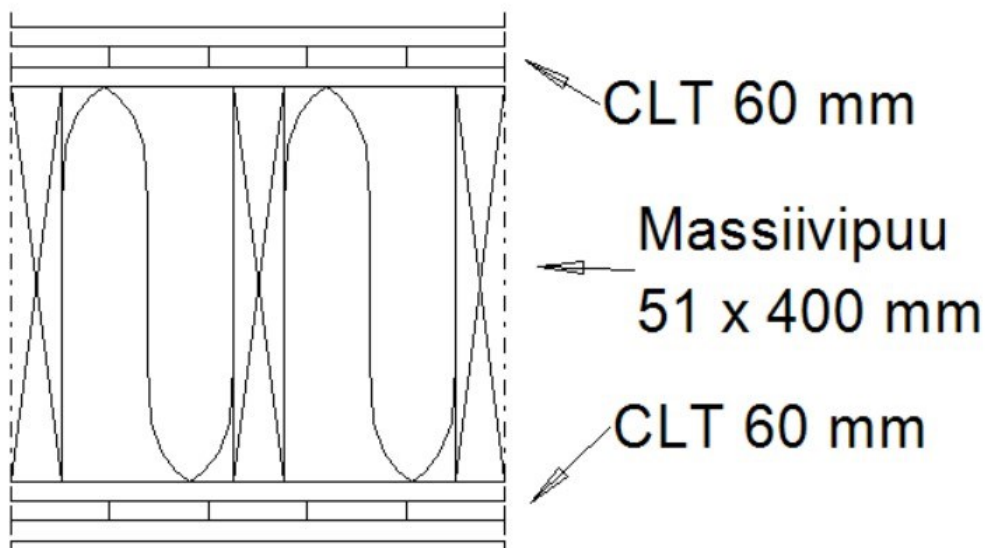
Kuvio 6. Massiivinen CLT + betonivalu

Kuviossa 7 välipohjan rakenteena 60 mm paksu CLT, jonka päällä 225 x 50 mm:n koolaus. CLT-levy on kiinnitetty koolaukseen 90 x 90 x 60 mm:n vahvistetulla kulmaraudalla. Koolauksen välissä on 100 mm kovaa villaa ja koolauksen yläpintaan ruuvattu 18 mm:n OSB-levy, jonka päällä valusuoja ja 80 mm:n betonivalu.



Kuvio 7. Palkkirakenteinen välipohja

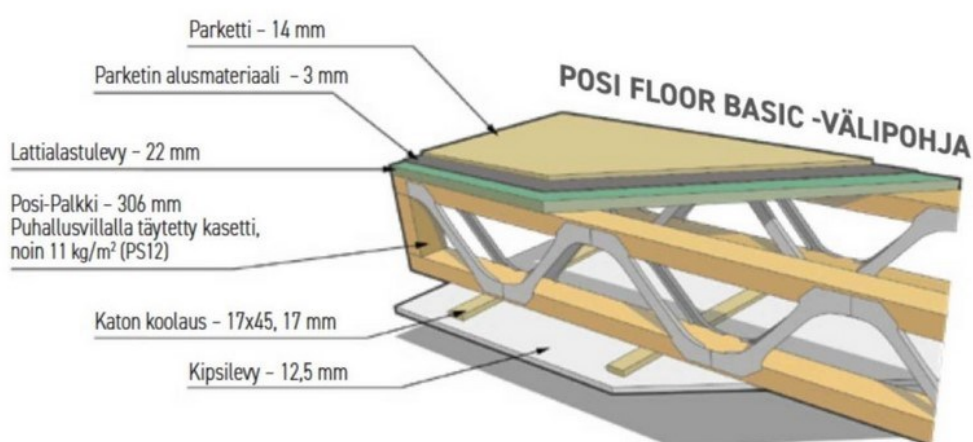
Kuviossa 8 nähdään kotelopalkkirakenne, jossa 51 x 400 mm:n massiivipuiden ylä- ja alapintaan on liimaamalla kiinnitetty 60 mm paksut CLT-elementit. Elementtiin jäävät kotelot on eristetty villalla.



Kuvio 8. Eristetty kotelopalkkirakenne

Yksi välipohjarakenne on myös posipalkkirakenne (Kuva 3). Posipalkki on ristiinkantava puurakenteinen välipohjaratkaisu. Posipalkki vähentää askelten aiheuttamaa värähtelyä ja talotekniset asennukset voidaan tehdä rakenteen sisään, jolloin pystytään välttämään ylimääräisiä koteloiteja. Palkiston kanssa voidaan käyttää myös lattialämmitys- ja tasoitevalurakenteita. (Mitek 2023a.)

Posipalkit kasataan metallisilla ristikkosauvoilla, jotka kiinnitetään puuhun hydraulipuristimella. Ristikkosauvat määräävät rakenteen korkeuden, joka on yleisesti välillä 204 mm – 423 mm. (Mitek 2023b.)



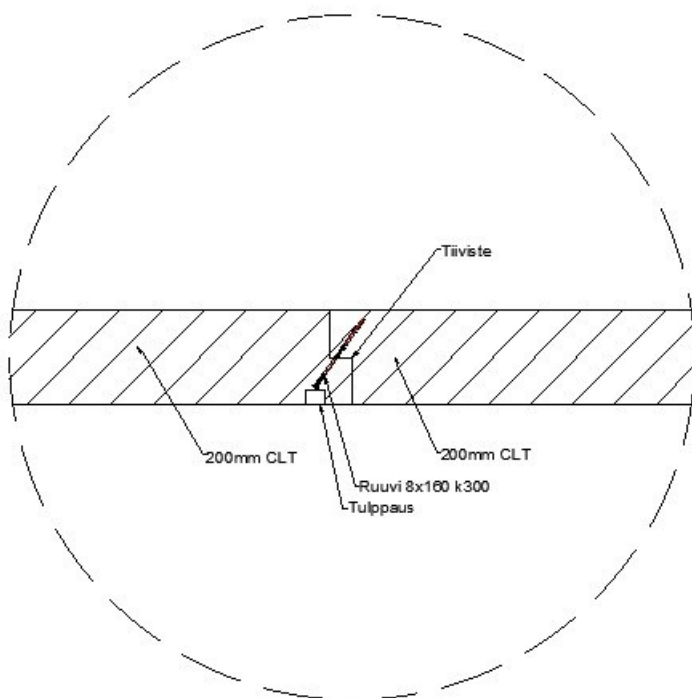
Kuva 3. Posipalkkivälipohja (Mitek 2023c)

## 4 CLT-liitosdetaljiikka

### 4.1 Runko

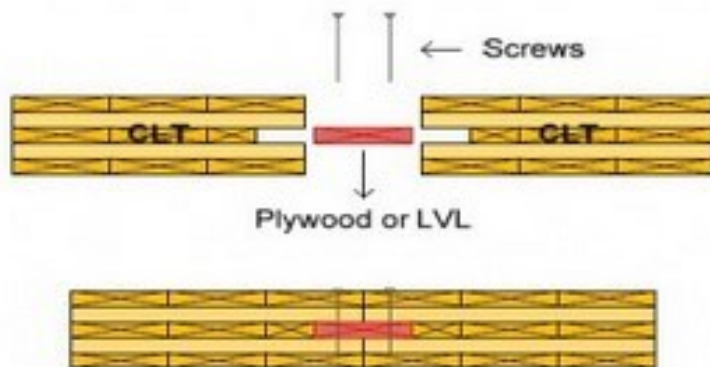
Rungon liitoksissa tutkitaan ja kehitetään erilaisia liitosdetaljeja. Liitoksissa keskitytään erityisesti ulkoseinien jatkumahdollisuuksiin, nurkkaliitoksiin ja väliseinän liittymiseen ulkoseinään.

Kuviossa 9 seinät on liitetty toisiinsa seinän puoleenväliin tulevalla 50 mm:n hammastuksella ja vinoruuvauksella. Vinoruuvauus auttaa kiristämään seinien raot kiinni. Jos seinän ulkopinta verhoillaan, jätetään ulkopuolelle 5 mm:n rako, joka auttaa saamaan seinät sisäpuolelta tiukasti toisiaan vasten. Seinän jäädessä ulkoa puupinnalle kyseistä rakoa ei tule tehdä ja tällöin myös ruuvin kanta tulpataan umpeen.



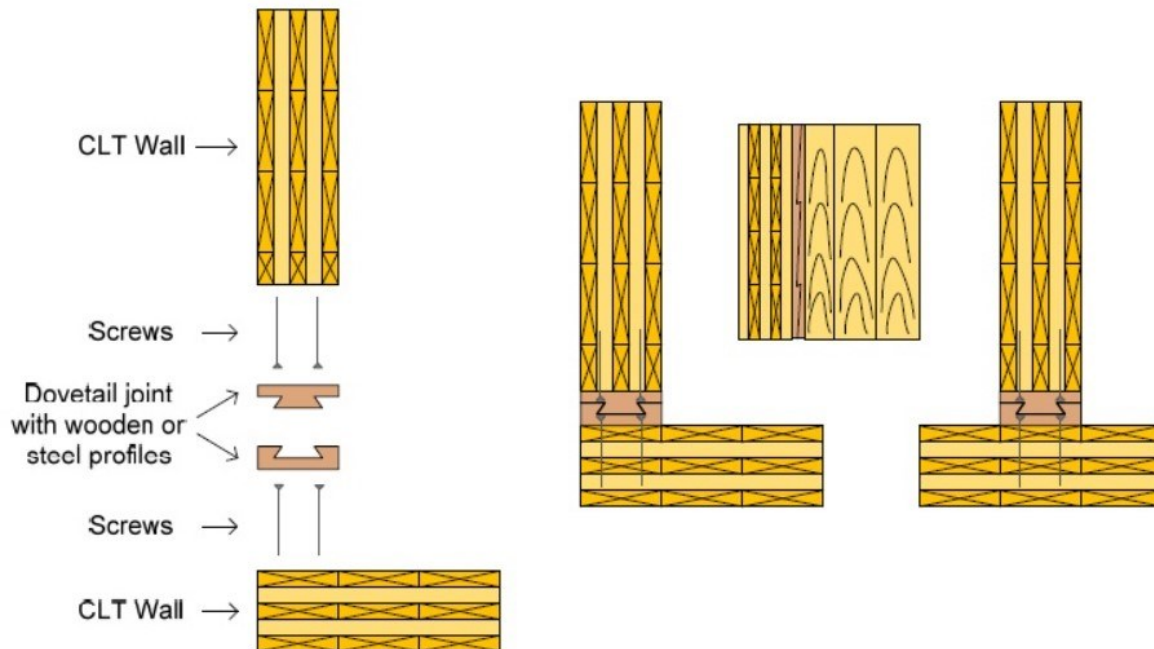
Kuvio 9. Jatkoliitos hammastuksella

Kuvassa 4 kaksi seinää on liitetty toisiinsa piiloitetulla ponttiliitoksella. Molempiin seiiniin on tehtä ajettu urat joiden väliin asennetaan LVL- tai vanerikiila. Seinät lukitaan itsekiertyvillä ruuveilla siten, että ruuvi menee kiilan läpi vastapuolen CLT-paneeliin. (Cltcrosslamina-tedtimber 2013a.)



Kuva 4. Seinäliitos kiilalla (Cltcrosslaminatedtimber 2013a)

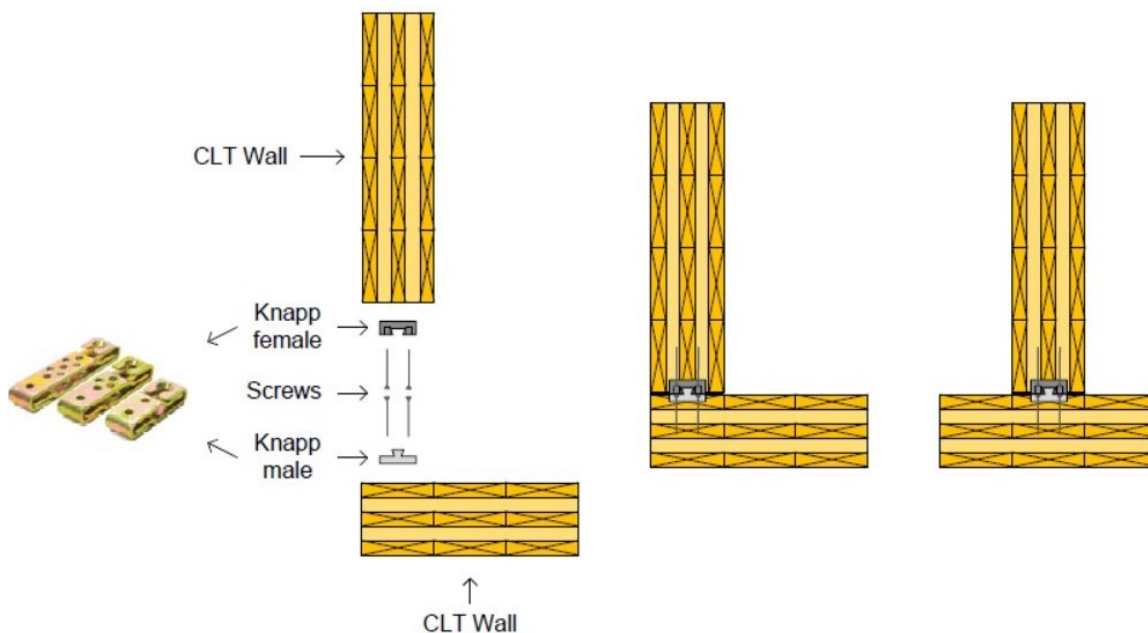
Seinien nurkat ja väliseinien liitokset voidaan tehdä kuvan 5 osoittamalla tavalla, jossa elementit kiinnitetään toisiinsa puusepänteollisuudessa yleisesti käytössä olevalla lohenpystöliitoksella. Liitos voidaan tehdä ruuvaamalla massiivipuusta työstetyt kappaleet CLT-elementteihin tai ilman mekaanista kiinnitystä liimaamalla kappaleet elementteihin. Elementti-tehtaalla suoritettulla liimaamisella liitoksesta saadaan vahva ja joustava. Työmaalla liitettä on helppo ja nopea asentaa. (Cltcrosslaminatedtimber 2013b.)



Kuva 5. Lohenpystöliitos (Cltcrosslaminatedtimber 2013b)

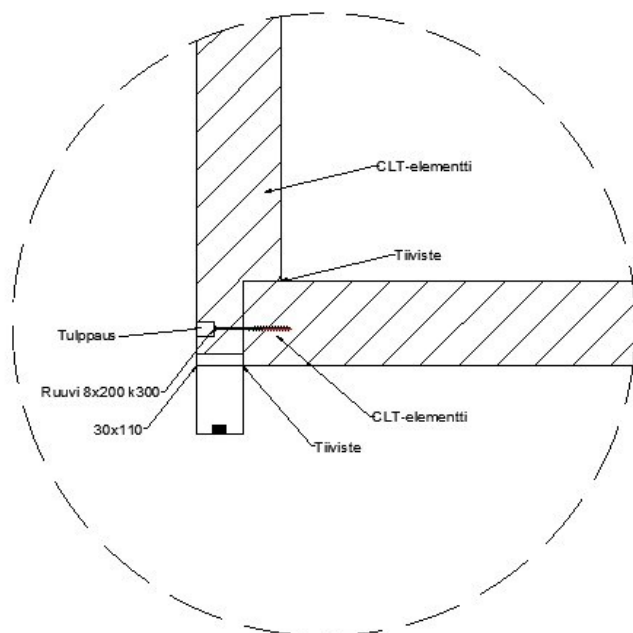
Kuvassa 6 on kuvan 5 kaltainen liitos, mutta siinä liitoskappaleet ovat upotettu elementtiin ajettuun uraan. Koska kappaleet jäävät piiloon voidaan ne valmistaa myös metallista. Knapp-yhtiön valmistamat kiinnikkeet ruuvataan elementteihin ja asennusvaiheessa ne

kiristävät elementit tiukasti toisiinsa. Tarvittaessa elementit on myös helppo purkaa. (Clt-crosslaminatedtimber 2013b.)

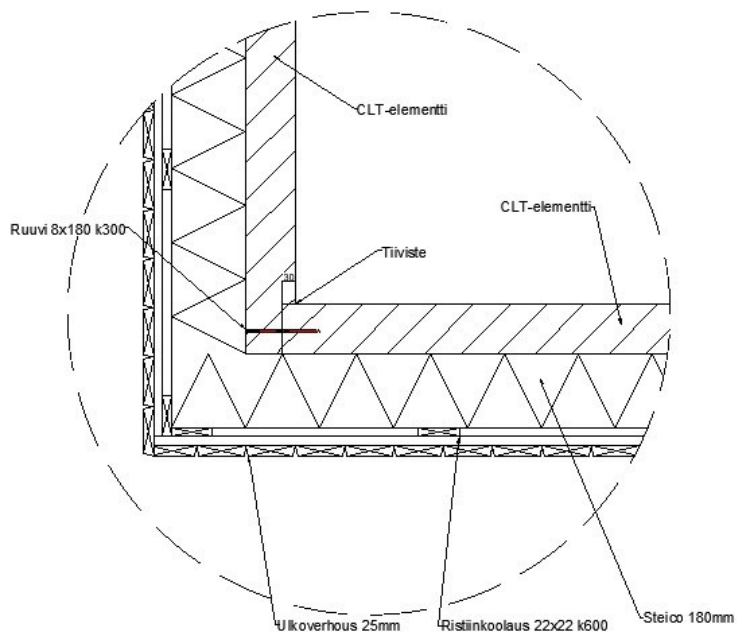


Kuva 6. Knapp-yhtiön piiloliitos (Clt-crosslaminatedtimber 2013b)

Kuvioissa 10 ja 11 on ruuvaamalla toteutettu nurkkaliitos. Jos seinän ulkopinnassa jää puupinta näkyviin porataan ruuville upotusreikä ja lopuksi tämä reikä tulpataan. Seinän toinen pinta jätetään vajaaksi ja sen päähän kiinnitetään peitelauta, jolla saadaan CLT-elementin vaakakerrosten päät piiloon. Elementtien väli tulee tiivistää esimerkiksi elastisella tiivistysmassalla. Jos seinä lisäeristetään ei ruuvien tulppauksia ja peitelautoja tarvita.



Kuvio 10. Puupinnalle jäävä nurkka

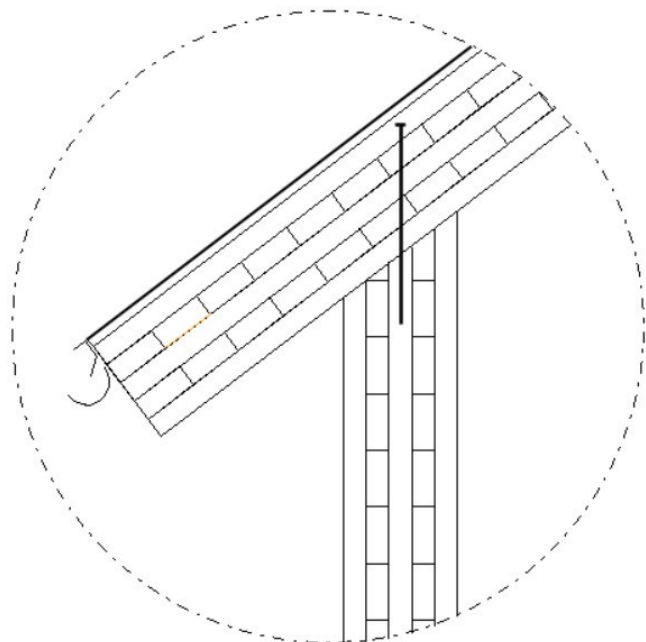


Kuvio 11. Lisäeristetty nurkka

## 4.2 Katto

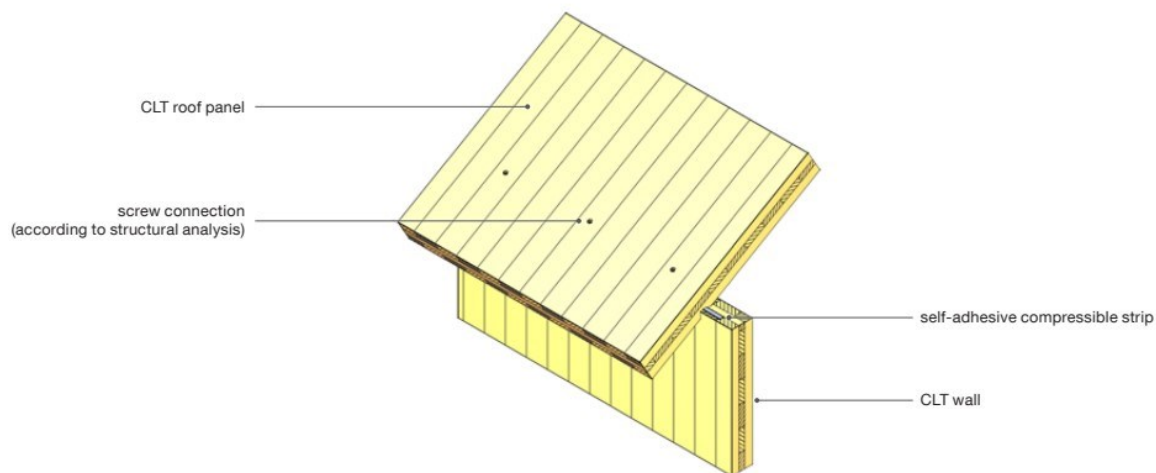
Liitoksissa tutkitaan ja kehitetään detajjikkaa katon liittymisessä seiniin ala- ja sivuräystäällä, sekä harjakaton eri vaihtoehtoja. Katon läpivienteihin ei tässä kiinnitetä huomiota.

Kuviossa 12 on esitetty massiivisen seinän ja katon liitos. Kattoelementti kiinnitetään ruuvi-kiinnityksellä seinään ja liitoksen väli eristetään. Seinän yläreuna työstetään elementtitehtaalla haluttuun kulmaan, jotta kattoelementti lepää tukevasti sen päällä.



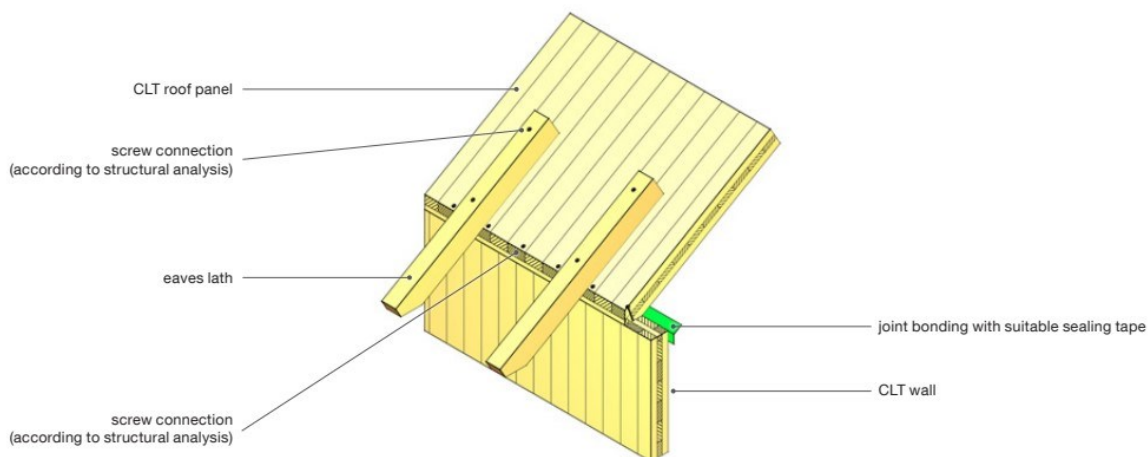
Kuvio 12. Massiiviliitos

Kuvassa 7 on toteutettu kuvion 12 rakenne ns. kynnysliitoksella, jossa seinän yläreunaa ei ole viistetty. Liitoksen yhteensopivuus on toteutettu työstämällä kattoelementtiin kolous, joka asetetaan seinän päälle.



Kuva 7. Kynnysliitos (CLT by Stora Enso 2021)

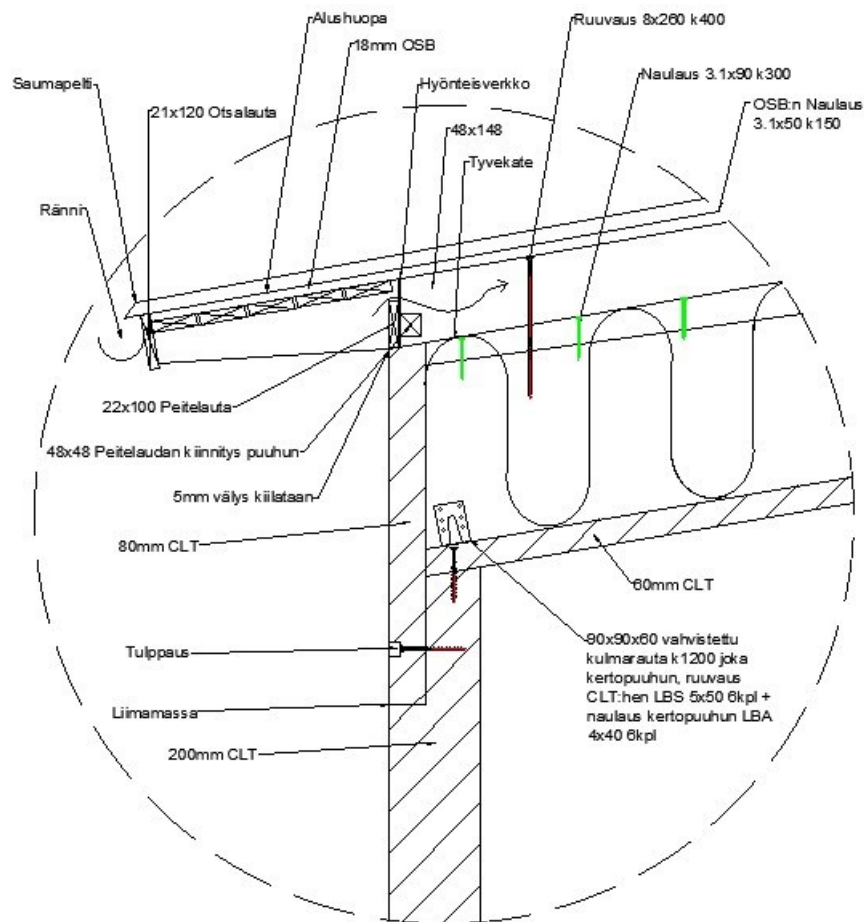
Kuvassa 8 massiivisen katon räystääsylyitys on toteutettu kattotuoleilla. Tässä mallissa CLT-katto lopetetaan seinälinjaan ja ylitys tehdään CLT:n yläpintaan ruuvattavilla kattotuoleilla, joiden päälle rakennetaan itse vesikatto. Seinän yläreunaa ei ole viistetty, vaan osat sovitetään yhteen työstämällä kattoelementti sopivaan kulmaan.



Kuva 8. Rästäsylitys kattotuoleilla (CLT by Stora Enso 2021)

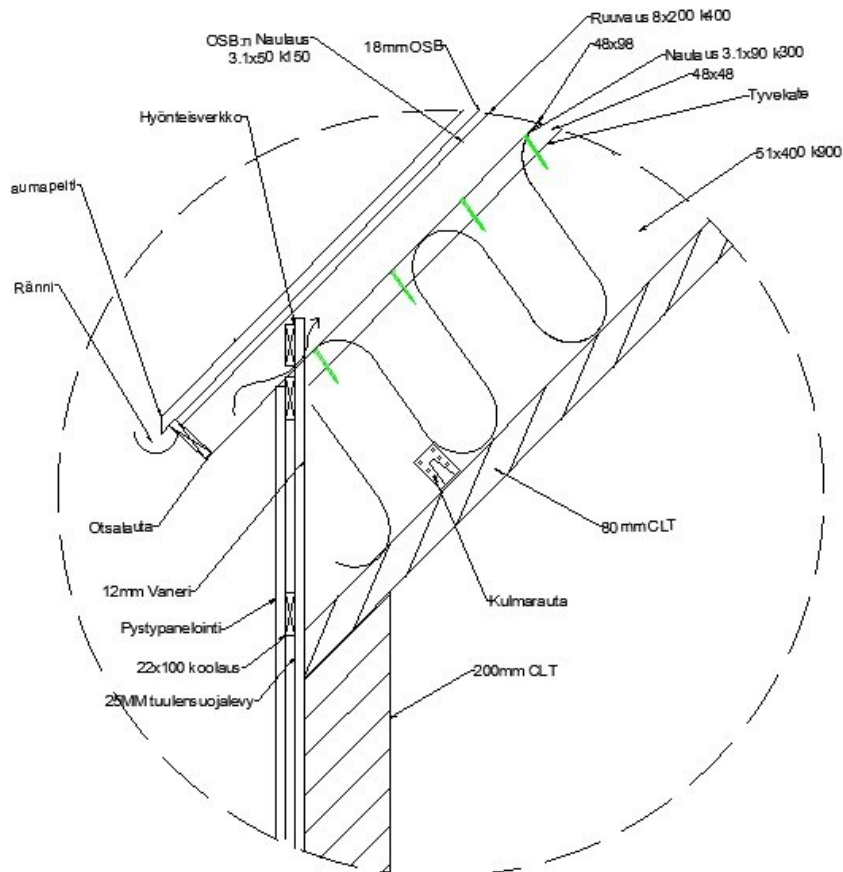
Kuviossa 13 on kertopuisen kattorakenteen ja massiivisen seinän liitos. Kertopuun alapintaan on ruuvattu CLT-levy ja kattorakenne on kiinnitetty seinään ruuvaamalla CLT:n läpi yläreunasta oikeaan kulmaan työstettyyn seinäelementtiin. Sama rakenne voidaan tehdä myös niin, että katon CLT päättyy seinän sisäpintaan. Tällöin kattorakenne tippuu alemmas ja se voidaan kiinnittää kulmarauodoilla kertopuupalkista.

Rakenteessa jää kertopuiden päät näkyviin, joten seinäelementtiin ajetaan 80 mm syvä kolo ja siihen ruuvataan 80 mm paksu CLT-levy, joka ylettyy koolaustuun alapintaan asti. Saumat tiivistetään ja ruuvien reiät tulpataan.



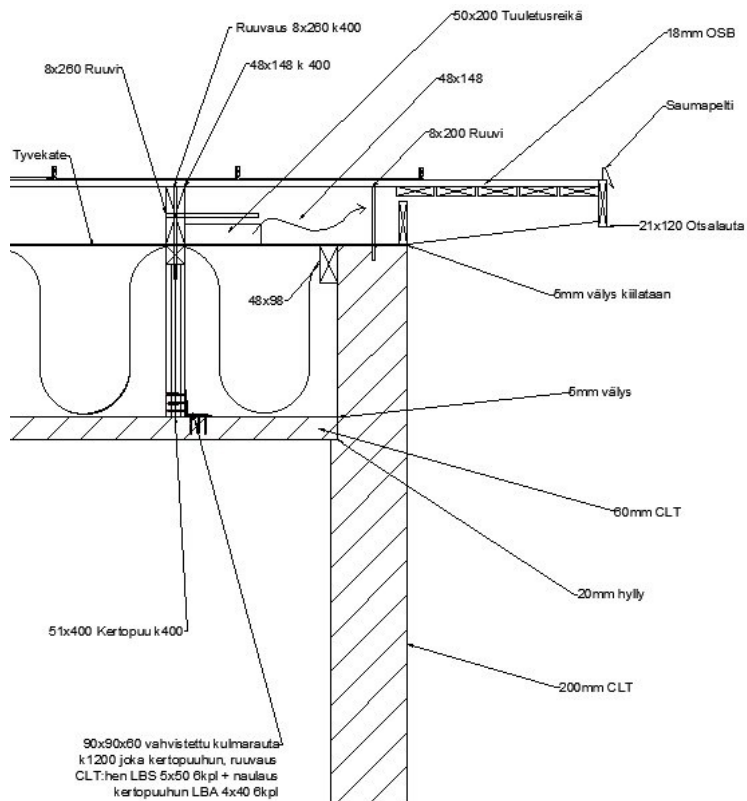
Kuvio 13. Kertopuisen kattorakenteen liitos

Kuvion 14 ulkuvuoratun seinän ja kertopuukaton liitos on vastaava kuin kuviossa 13, mutta ulkoseinään ei tarvitse tehdä 80 mm CLT lisäpalaa, vaan kertopuiden päät saadaan piilottua nostamalla panelointi katon koolauspuihin asti.



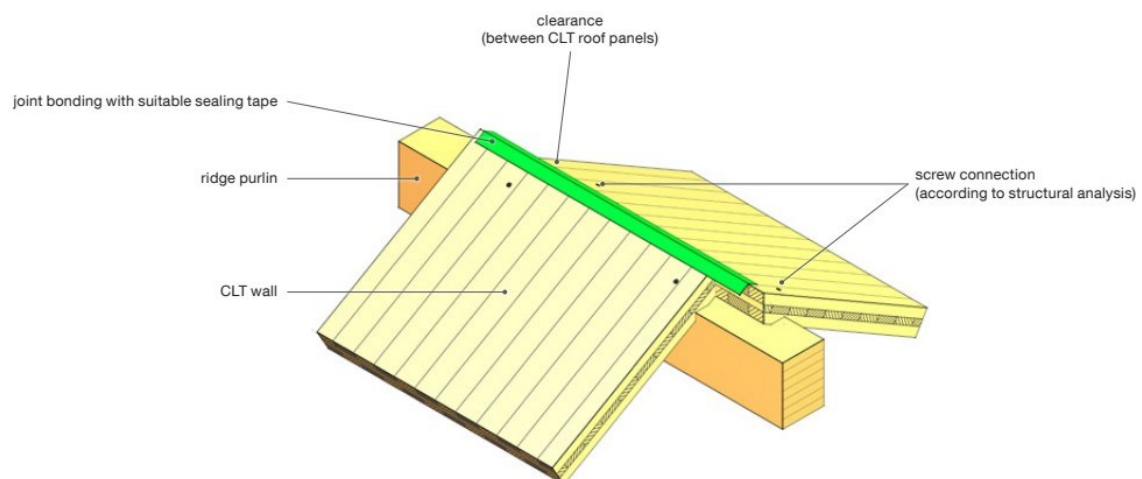
Kuvio 14. Kertopuisen katon liitos ulkovuorattuun seinään

Kuviossa 15 on kertopuisen kattorakenteen sivuräystä, jossa seinän sisäpintaan on ajettu 20 mm:n syvennys katon alapinnan CLT-levyn ja seinän liitoksen siisteyden varmistamiseksi. Mitoituksessa on otettava huomioon, että sivuseinä on kertopuun verran korkeampi, kuin ala- tai yläräystään seinän. Sivuseinällä kattoruoteet tulevat seinän päälle, joten ulkopuolelle ei tehdä lisäpalaa peittämään kertopuita.



Kuvio 15. Kertopuinen sivuräystä

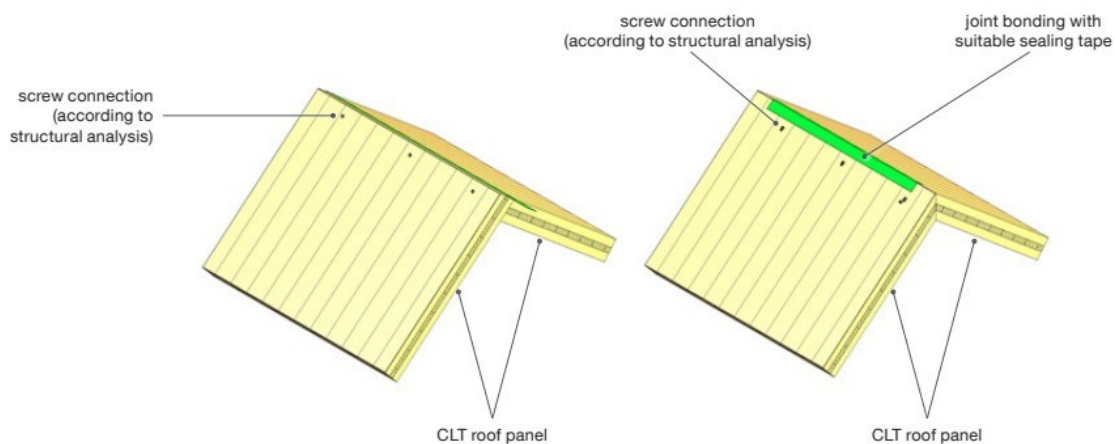
Kuvassa 9 massiivisen katon harjarakenne erillisen kurkihirren varaan rakennettuna. Kattoelementteihin työstetään kynnyslitokset, joiden varaan elementit asetetaan lepäämään kurkihirren päälle. Elementtien harjanpuoleiset reunat työstetään oikeaan kulmaan katon kaltevuuden mukaan ja kiinnitys tapahtuu ruuvaamalla elementin läpi kurkihirteen.



Kuva 9. Massiivikaton harjaliitos kurkihirrellä (CLT by Stora Enso 2021)

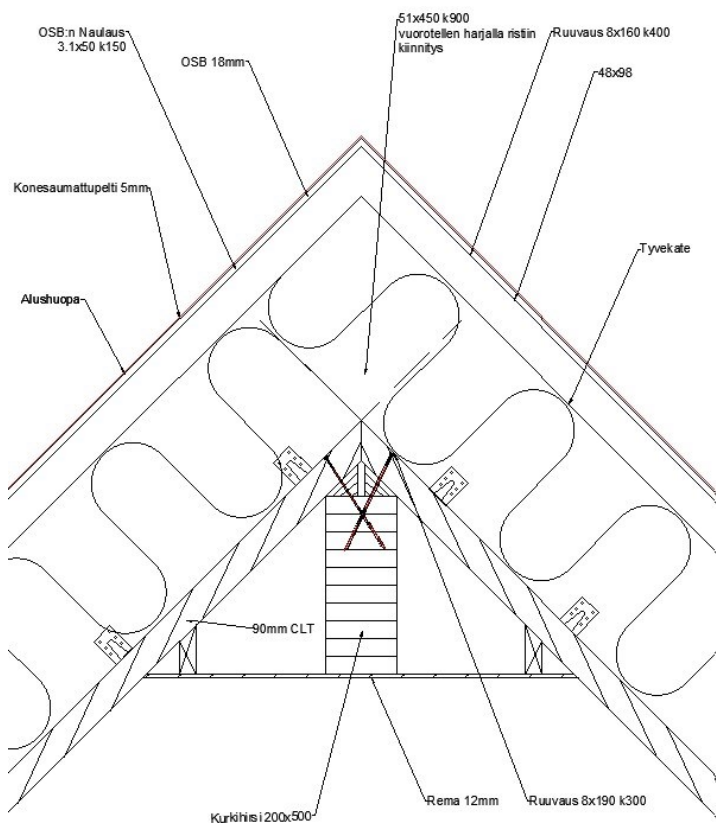
Kuvassa 10 on kaksi eri lailla toteutettua itsekantavaa harjaliitosta. Vasemman kuvan tavassa katon toisen elementin reuna yhdistetään vastalappeen alapintaan.

Oikeanpuoleisessa kuvassa elementtien harjan puoleiset reunat on työstetty jiiriin ja ne törmäävät keskenään. Molemmissa tapauksissa elementit kiinnitetään toisiinsa ruuviliitoksilla.



Kuva 10. Massiivikaton itsekantava liitos (CLT by Stora Enso 2021)

Kuviossa 16 lisälämmöneristetty harjaliitos, jossa katon alapintana 90 mm:n CLT-elementti, joka on kulmarauodoilla kiinnitetty 51 x 450 mm:n kertopuupalkkeihin. Tämä kokonaisuus lepää kurkihirsien päällä ruuvikiinnityksellä. Kurkihirsi on alapuolelta peitetty 12 mm:n vahuisella rema-levyllä.

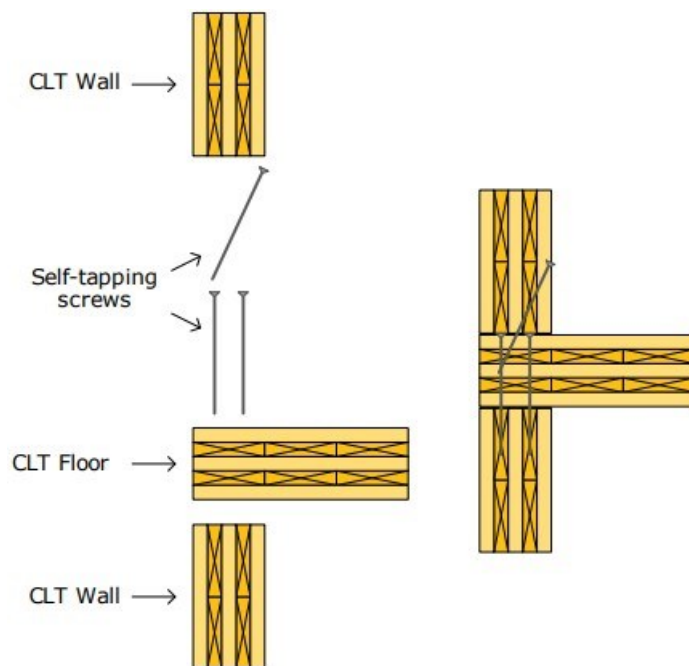


Kuvio 16. Lisälämmöneristetty harjaliitos

### 4.3 Välipohja

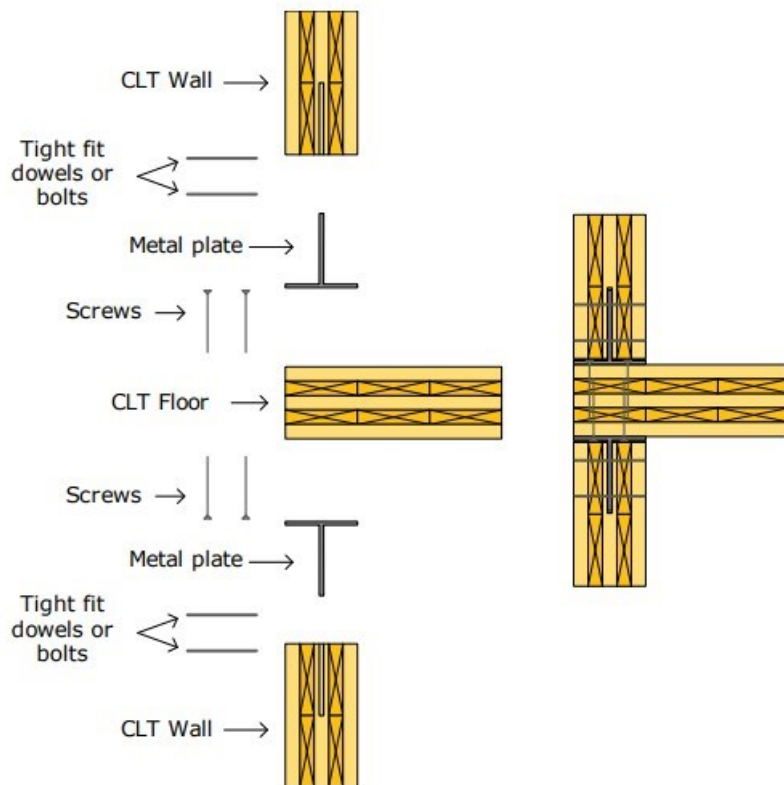
Välipohjan detajjikassa tutkitaan ja kehitetään erilaisia rungon ja välipohjan liitosmahdollisuuksia massiivisessa rakenteessa ja julkisivulta vuoratussa rakenteessa.

Julkisivultaan vuoratussa talossa seinän ja välipohjan liitos on yksinkertaisimmillaan kuvan 11 esittämässä tavassa, jossa välipohjaelementti ruuvataan itseporautuvilla ruuveilla alemman seinän päälle. Ylempi seinä kiinnitetään välipohjaan vinoruuvauksella. Vinoruuvauksen sijaan voidaan käyttää myös kulmarautoja, jotka jäävät piiloon lattiavalun ja pintamateriaalien sisään.



Kuva 11. Ruuviliitos ulkoseiniin (CLT Handbook 2013)

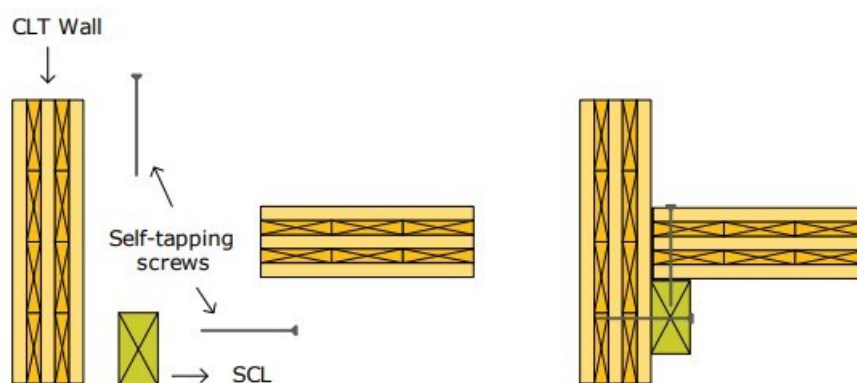
Kuvan 12 esittämällä tavalla voidaan myös toteuttaa seinän ja välipohjan liitos vuoratulla julkisivulla. Siinä metallilevy ruuvataan välipohjan ylä- ja alapintaan ja seiniin on CNC:llä työstetty ura johon metallilevy sovitetaan. Seinät lukitaan paikoilleen esiporattuihin reikiin laitettavilla tapeilla tai pulteilla.



Kuva 12. Metallilevyliitos (CLT Handbook 2013)

Kuvan 13 mallinen liitos sopii myös kohteeseen, jossa ulkopuoli halutaan jättää CLT-pinnalle. Välipohja asennetaan seiniä kiertävän tukipuun varaan, jolloin vältetään kuvien 11 ja 12 tapainen epäsiisti sauma ulkopinnassa.

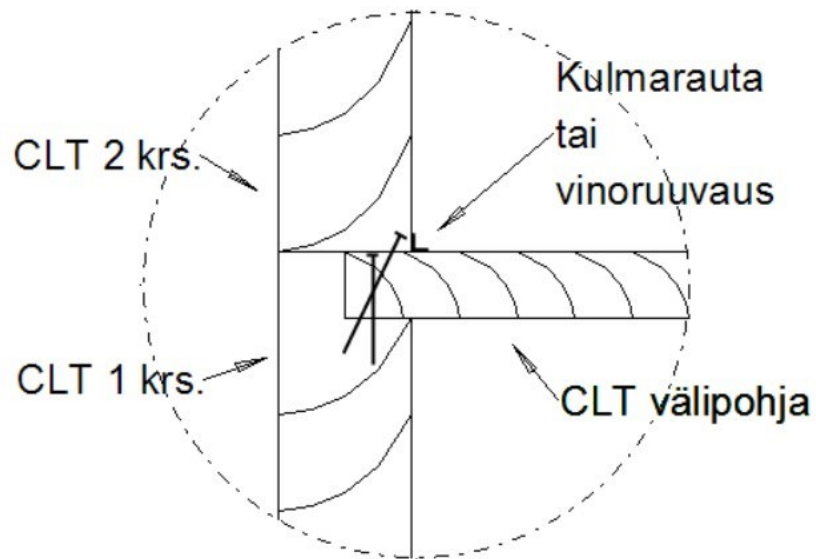
Tukipuitten takia välipohjan alapinta vaatii lisätyötä. Tukipuut voidaan peittää koolaamalla alapinta ja peittää ne esimerkiksi rema-levyllä.



Kuva 13. Tukipuurakenne (CLT Handbook 2013)

Kuvassa 13 näkyvä tukipuurakenne voidaan jättää pois kuvion 17 osoittamalla tavalla, jolloin alemman kerroksen seinäelementtiin työstetään kolo välipohjaa varten. Välipohja

voidaan kiinnittää päältä ruuvaamalla alempaan seinään ja ylemmän kerroksen seinä kiinnitetään vinoruuvauksella tai kulmarauodoilla, jotka jäävät lattiavalun sisään piiloon.

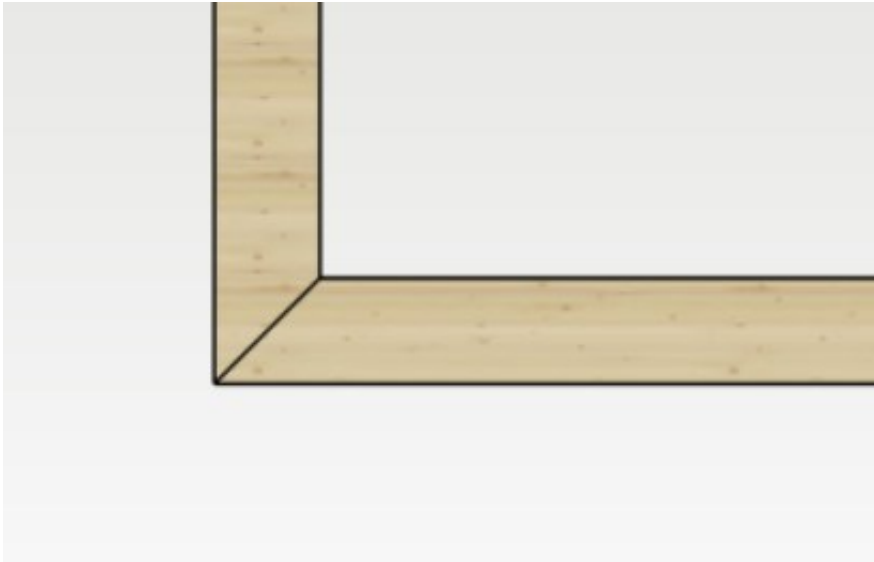


Kuvio 17. Massiivinen välipohjaliitos

## 5 CLT-detallijikka Vertexissä

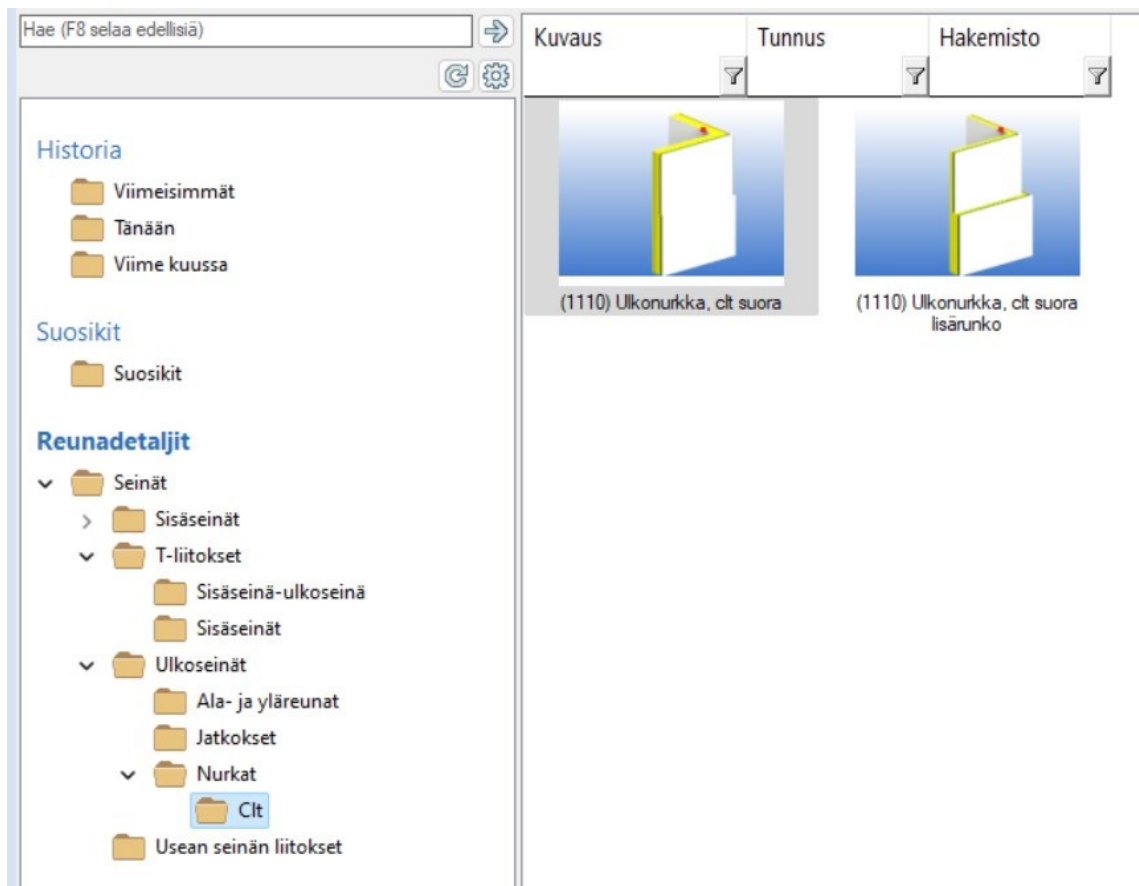
### 5.1 Runko

CLT-runkoista taloa mallintaessa tekee Vertexin automatiikka kuvan 14 mukaisen nurkkaliitoksen. Liitoksessa CLT-elementit on sahattu jiiiriliitokseen.



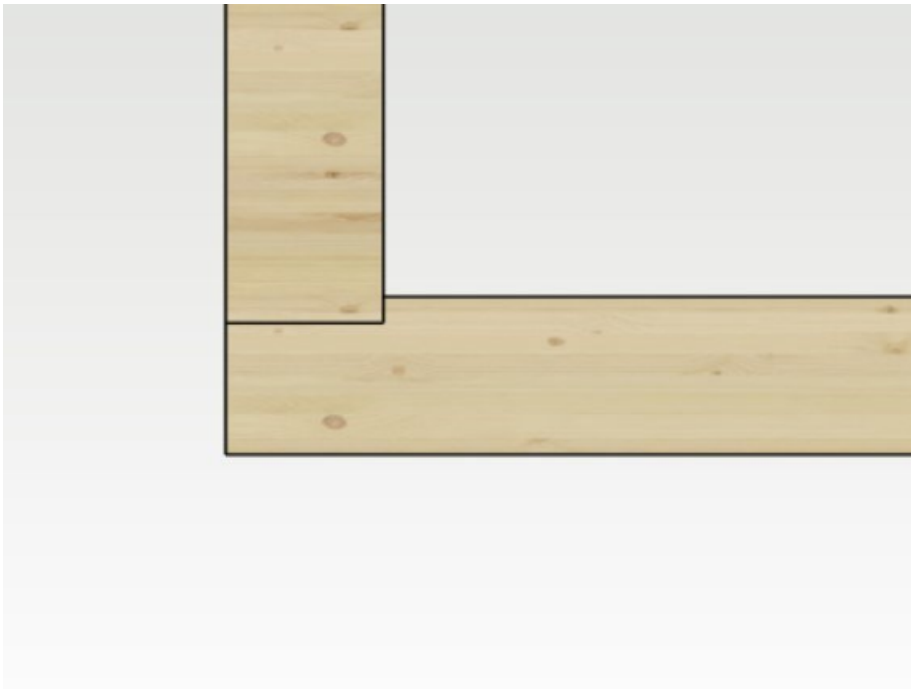
Kuva 14. Jiiiriliitos

Kuvassa 15 on esitelty CLT-detallikirjaston nurkkaliitokset. Vaihtoehtoina on kaksi erilaista liitostapaa.



Kuva 15. Nurkkaliitokset

Molemmat näistä vaihtoehdoista tekevät kuvan 16 mukaisen lovetun nurkkaliitoksen. Ver-texin automaatiikka tekee loveukset yhdellä mitalla, mutta loveuksen parametrejä voi jälkikä-teen muuttaa polusta mallinnus – liitos – liitosdetaljiikka – loveus (CLT) – corner for areas. Seinäelementoinnin asetuksista voidaan valita pysty- tai vaakaseinät pitkinä. Tällä asetuk-sella valitaan, kumpaan seinään loveus tehdään. Tämä valikko on esitelty kuvassa 17.



Kuva 16. Lovettu nurkkaliitos

Seinäelementöinnin asetukset

Lue oletusasetukset CLT-runko Tallenna projektikohtaiset asetukset

Perusasetukset | Lisäasetukset | Naulausrimoituksen asetukset | Nurkkadetailit | Kiinnitys

**Rakennekerrokset**

- Sisäpuolen levytys
- Sisäpuolen koolaus
- Runko
- Ulkopuolen koolaus
- Ulkopuolen levytys
- Kalvot
- Verhouksen naulausrimoitus
- Lisäkerros
- Verhous

**Nurkkadetailit**

- Pystyseinät pitkinä
- Vaakaseinät pitkinä
- Kiertosuunta myötäpäivään
- Kiertosuunta vastapäivään

**Elementtiasetukset**

Ulkoseinäelementti: Ulkoseinäelementti

Väliseinäelementti: Sisäseinäelementti

**Elementtitunnuksen määräytyminen**

- Seinän parametreista
- Seinän tyyppin mukaan

**Elementtitunnukset**

Ulkoseinäelementti: U 5

Väliseinäelementti: V 1

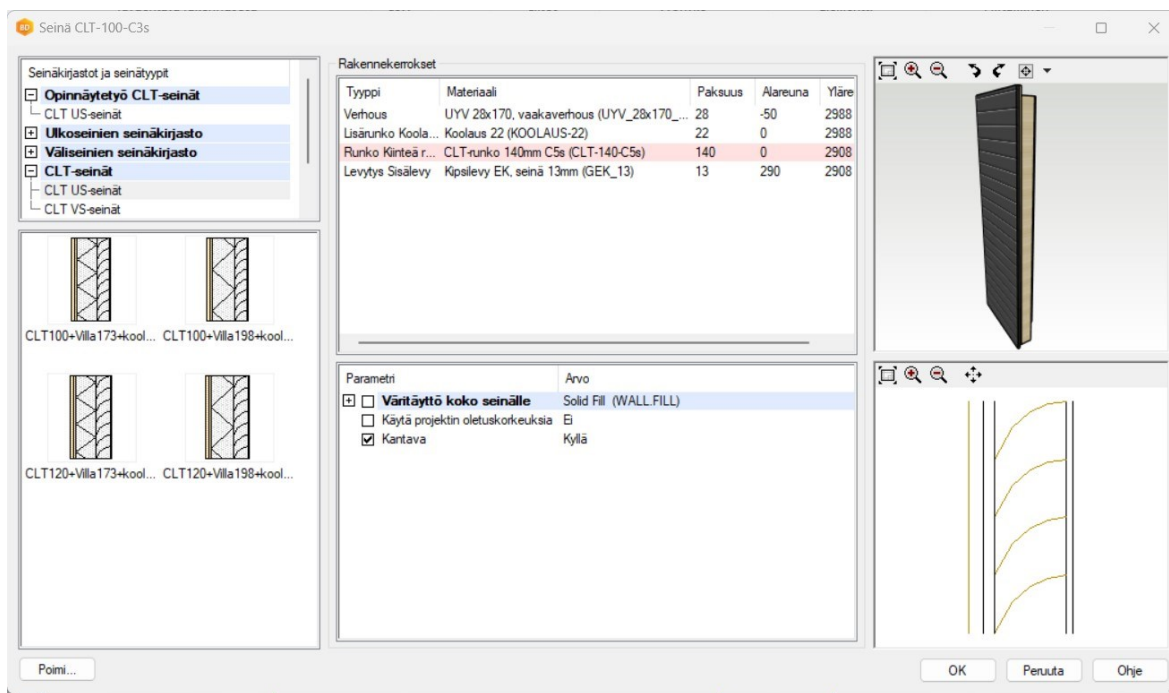
- Sisänäkömä
- Jätä pois kerrokset joilla ei ole rakennetyökäluä

OK Peruuta Ohje

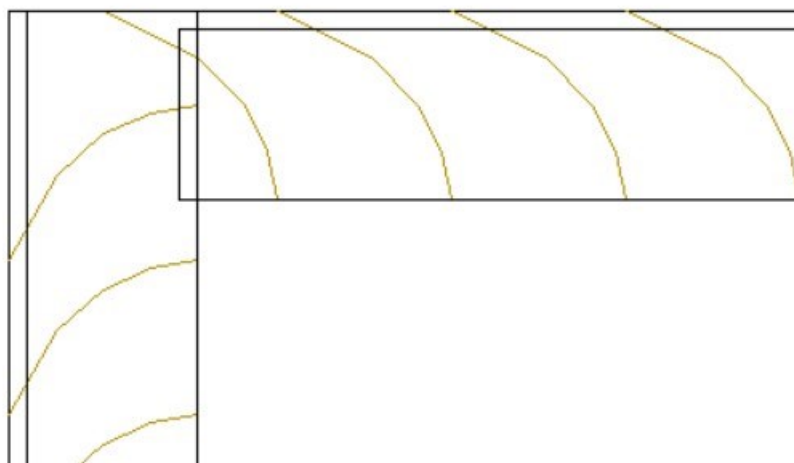
Kuva 17. Seinäelementöinnin asetukset

Automaatiikka osaa tehdä nurkkaliitokset vain seinäkirjastoon valmiiksi mallinnetuille seinille. Kuvassa 18 näkyy neljä eri vaihtoehtoa CLT-seinille. Seinien rakennekerroksia pystyy kyseisessä valikoimassa muokkaamaan. Kun tekee massiivisen seinän poistamalla muut

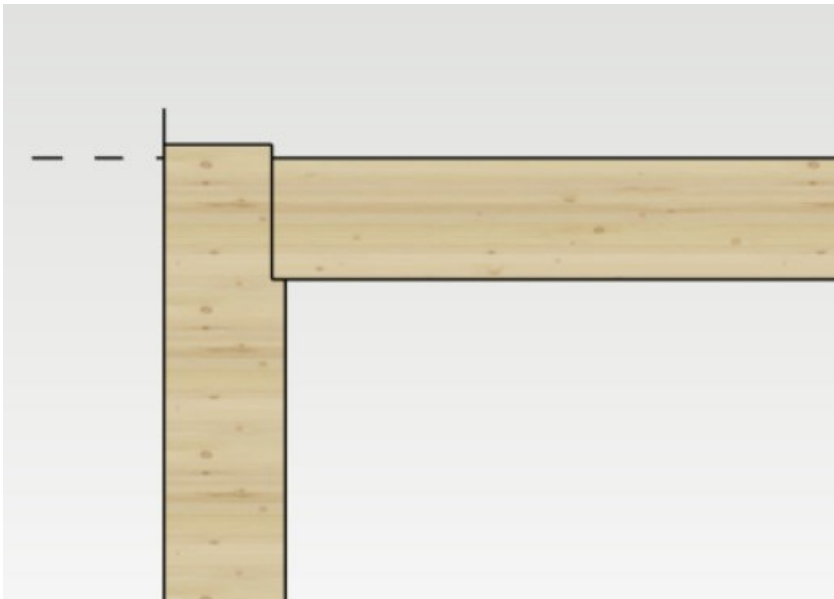
kerrokset ja lisäämällä CLT:n paksuuden 200 mm:in, ei automatiikka osaa mallintaa nurkalkiitosta oikein, vaan se jakaa seinän kahteen eri kerrokseen. Kuvassa 19 näkyy Vertexin 2D seinäkuva, jossa ohjelma on jakanut seinäelementin kahteen kerrokseen. Kuvassa 20 on saman kohdan 3D kuva. Siinä näkyy selvästi, kuinka nurkat eivät enää kohtaa toisiaan oikealla tavalla.



Kuva 18. CLT seinäkijasto

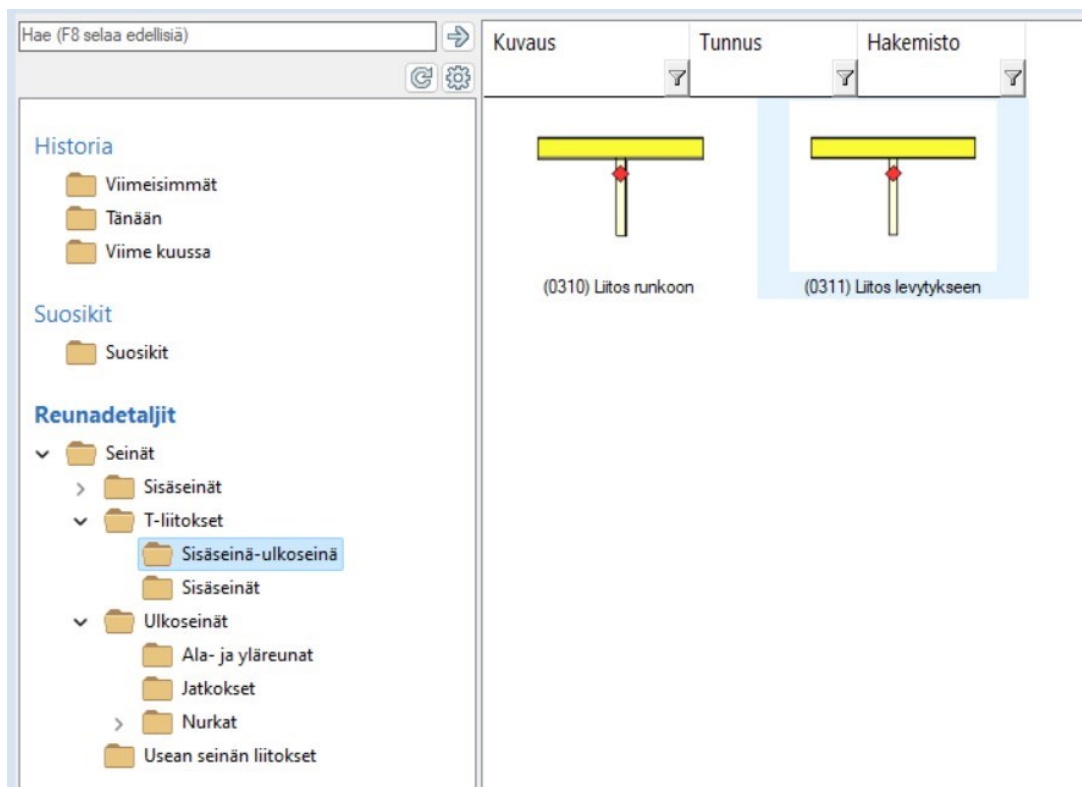


Kuva 19. 2D seinäkuva

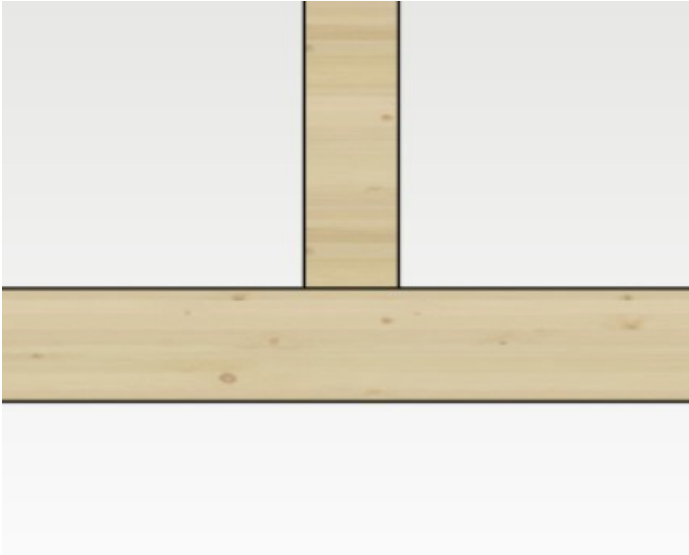


Kuva 20. 3D seinäkuva

Ulkoseinien ja väliseinien T-liitoksien vaihtoehdot näkyvät kuvassa 20. Liitos runkoon ja liitos levytykseen antavat samanlaisen lopputuloksen, jossa väliseinä törmää suoraan ulkoseinään (kuva 21).



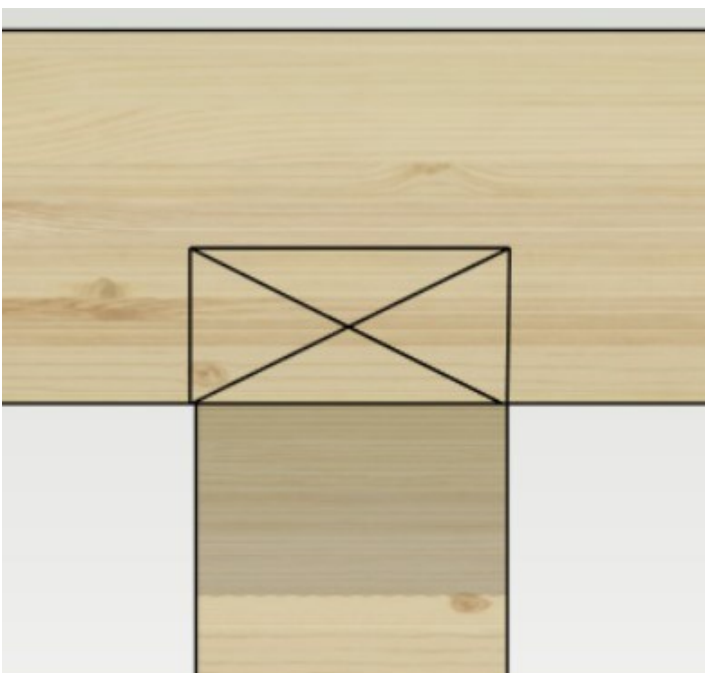
Kuva 20. Väliseinien liitokset



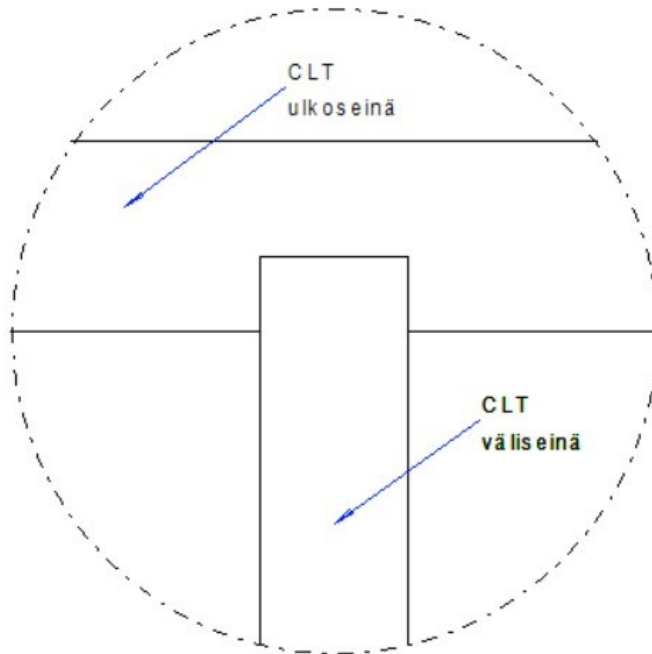
Kuva 21. Seinien T-liitos

Varsinkin seinien jäädessä puupinnalle saataisiin liitoksesta siistimpi kuvan 22 osoittamalla tavalla, jossa ulkoseinään on työstetty ura väliseinän kohdalle. Väliseinäliitoksiin tulisi mallintaa kuvion 18 mukainen T-liitos, jossa tämä ura tulisi automaatiolla. Myös uran syvyyttä olisi hyvä voida muokata liitoksen parametreistä.

Uran väliseinälle voi tehdä liitosdetaljiikassa valitsemalla slot on plane työkalun. Tällöin myös väliseinä pitää erikseen venyttää uran pohjaan. Nämä vaiheet täytyy tehdä erikseen joka seinälle, joten mallinnuksen kannalta sujuvampaa olisi saada tehtyä urat suoraan väliseinäliitoksien kautta.



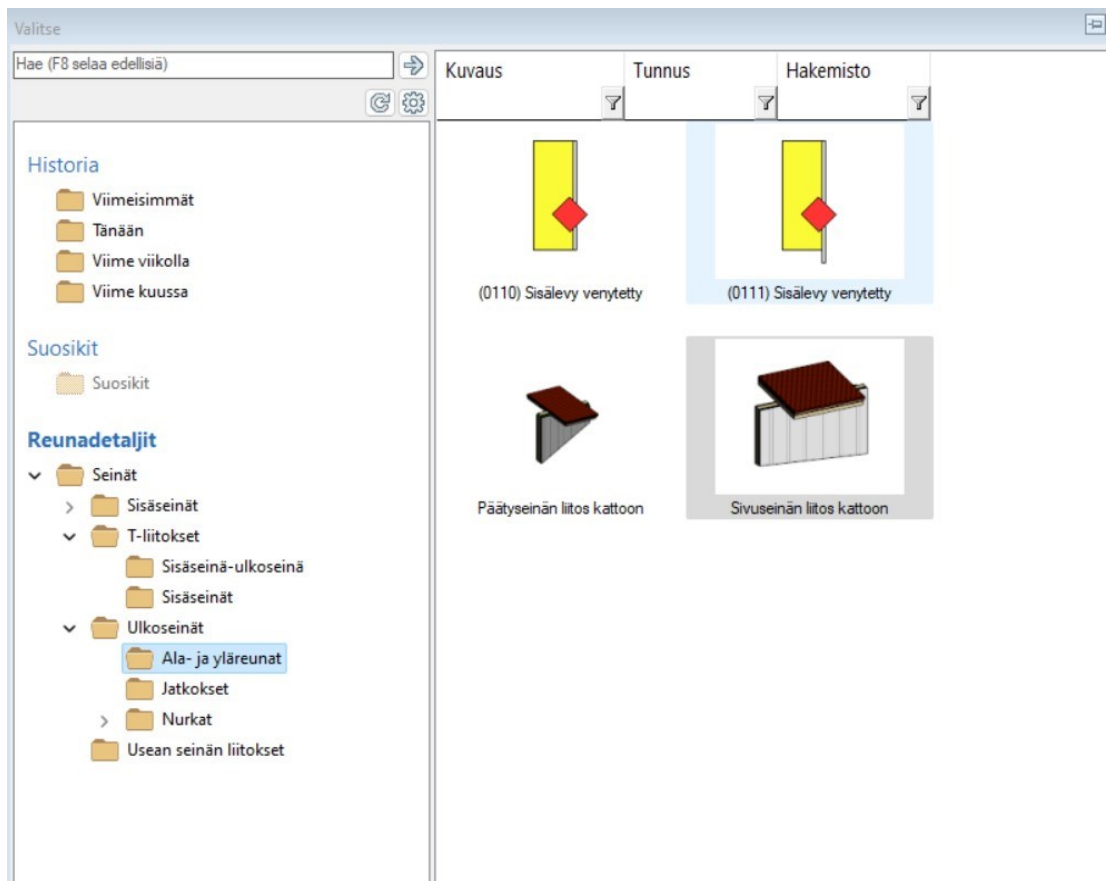
Kuva 22. Ura väliseinää varten



Kuvio 18. T-liitos ulkoseinään uralla

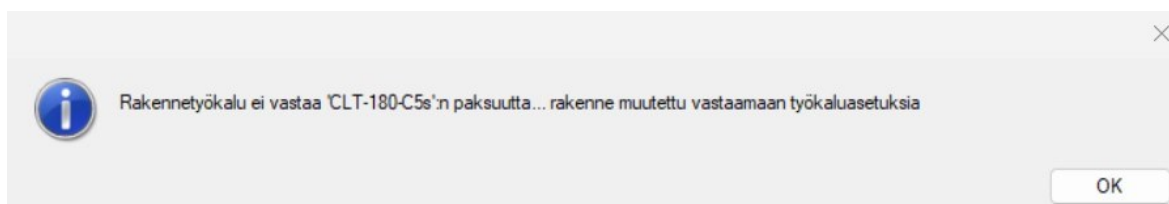
## 5.2 Katto

Vesikaton liitosdetaljeja, jotka sopisivat CLT- seinille ja katoille ei Vertexistä löydy. Kuvassa 23 on pääty- ja sivuseinän liitokset kattoon.



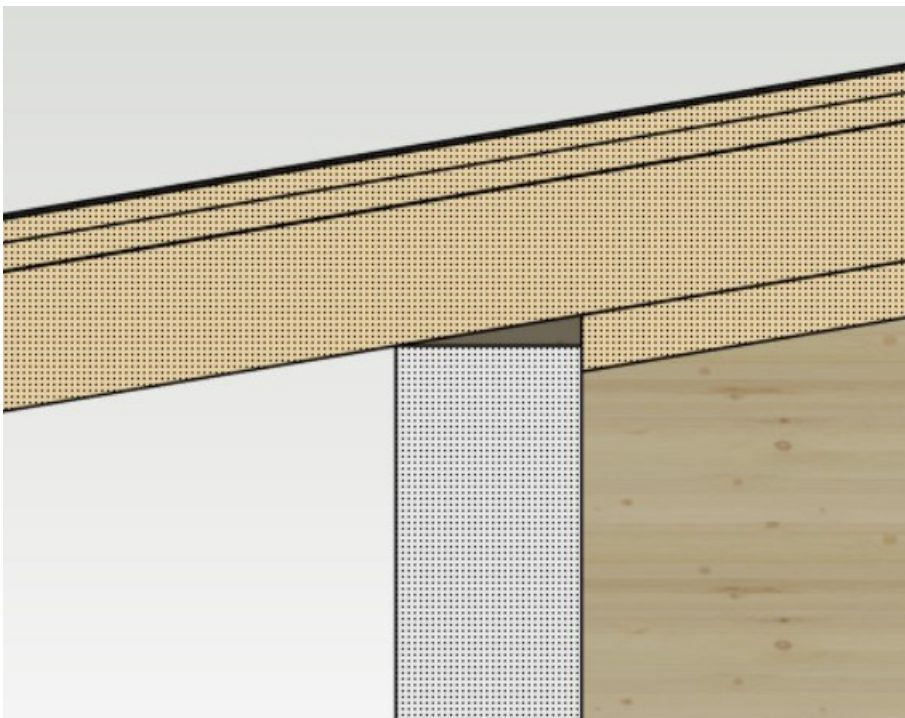
Kuva 23. Pääty- ja sivuseinien liitokset kattoon

Kun kattoa ja seiniä yritetään yllä mainituilla liitoksilla liittää toisiinsa, antaa ohjelma kuvan 24 mukaisen virheilmoituksen, jossa rakennetyökalu ei vastaa CLT:n paksuutta.



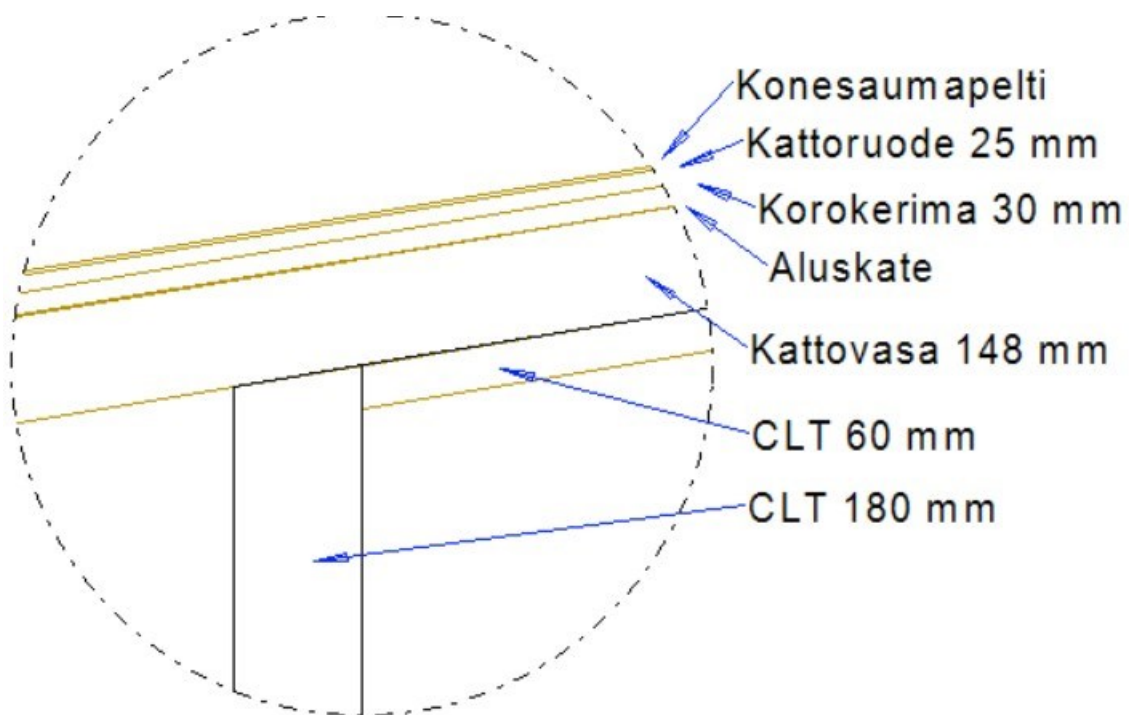
Kuva 24. Virheilmoitus.

Kuvassa 25 näemme, että käsin tehtävä katon ja seinän liitos jää seinän sisäpuolelta vaajaaksi, jos halutaan kattorakenteen lepäävän yläreunastaan viistetyn seinäelementin päällä.



Kuva 25. Katon ja seinän vajaan liitos.

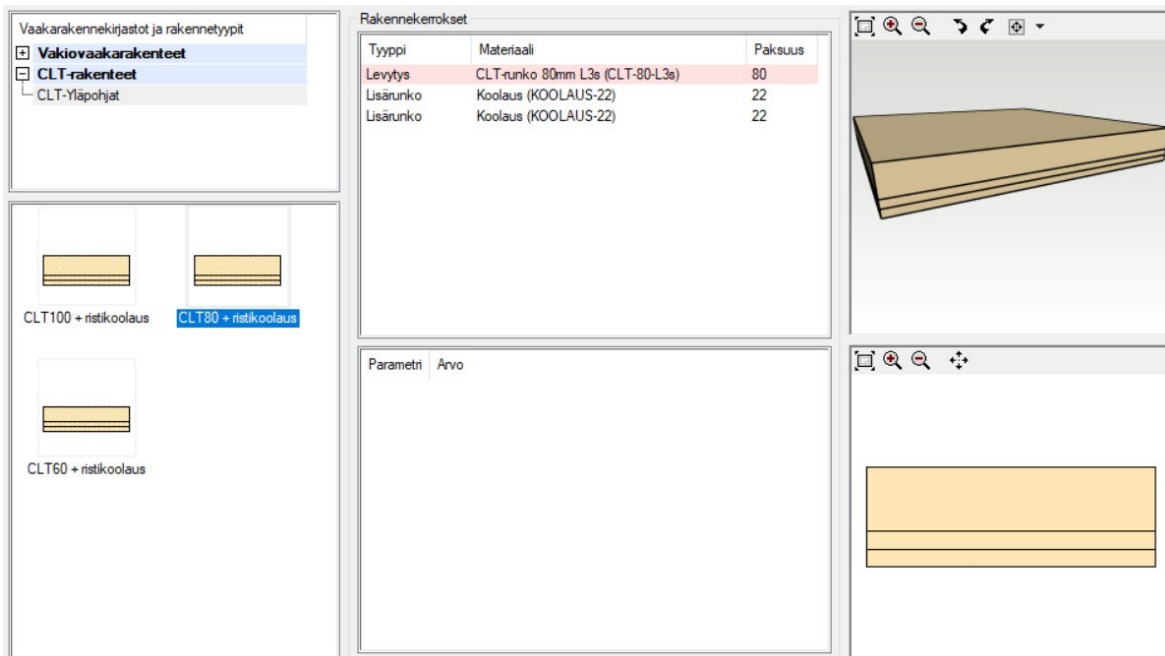
Kuviossa 19 on kuvasta 25 muokattu detajli, jossa seinään on tehty katon mukainen viisteitys. Kyseinen viisteitys tulisi saada automaatiolla rakennekuviin, jotta seinästä saataisiin tuotettua oikeanlaiset elementtikuvat.



Kuvio 19. Muokattu liitosdetalji

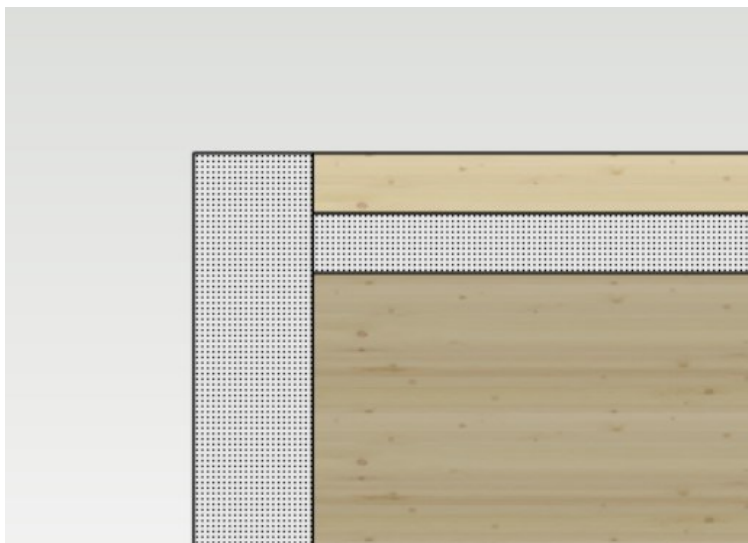
### 5.3 Välipohja

Kuvassa 26 on esillä Vertexin rakennekirjastosta löytyvät kolme erilaista väli- ja yläpohjarakennetta. Seinien ja välipohjien liitoksille ei löydy detaliikkaa, joten välipohjaa ei saa automaatiolla sijoitettua esimerkiksi kuvion 17 osoittamalla tavalla.

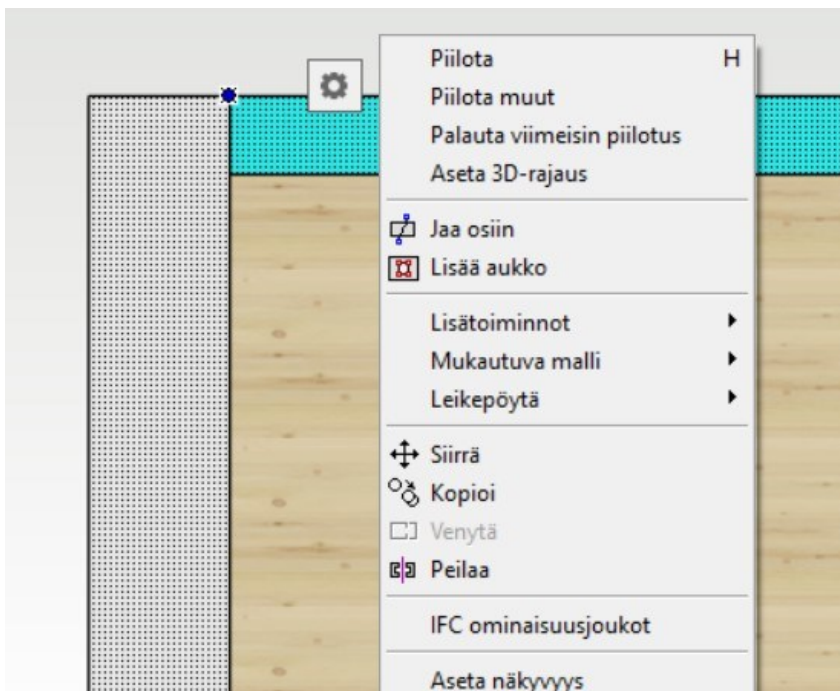


Kuva 26. Väli- ja yläpohjat

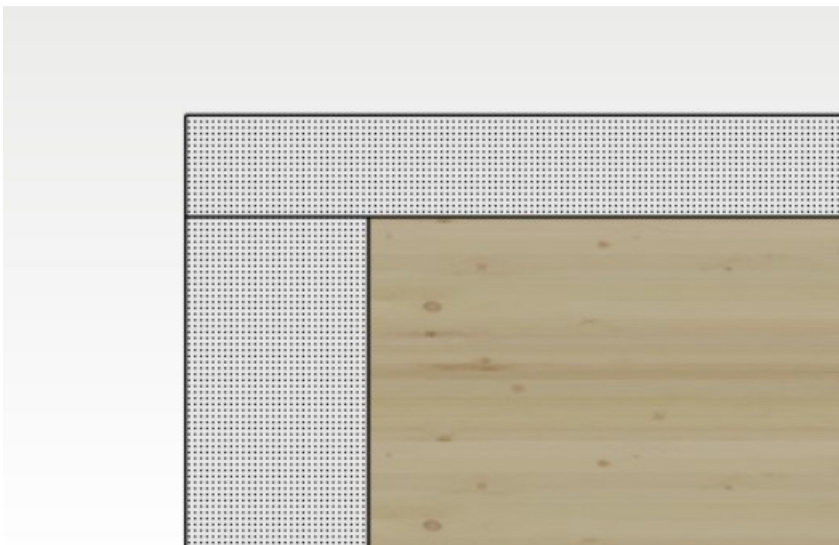
Välipohjaa lisättäessä automatiikka sijoittaa sen kuvan 27 osoittamalla tavalla hieman seinän yläpintaa alemmas. Rakennetta pystyy 3D kuvamalliparissa siirtämään ylös- ja alaspäin hiiren oikean napin takaa löytyvällä siirrä-toiminnolla (kuva 28), sekä sitä on mahdollista venyttää sivuttaissuunnassa esimerkiksi seinän ulkopintaan (kuva 29).



Kuva 27. Välipohjan sijoitus automaatiolla

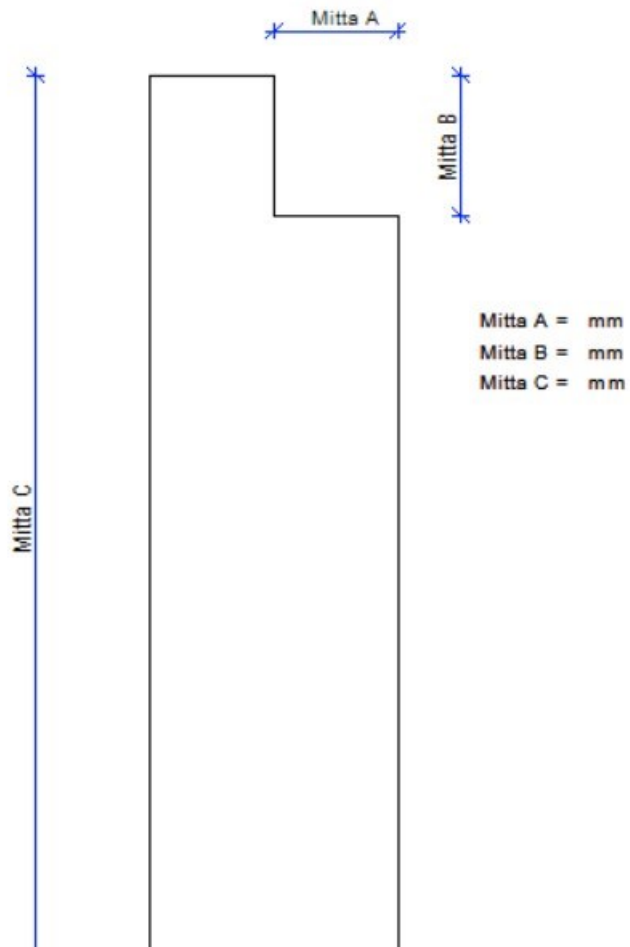


Kuva 28. Välipohjan siirto



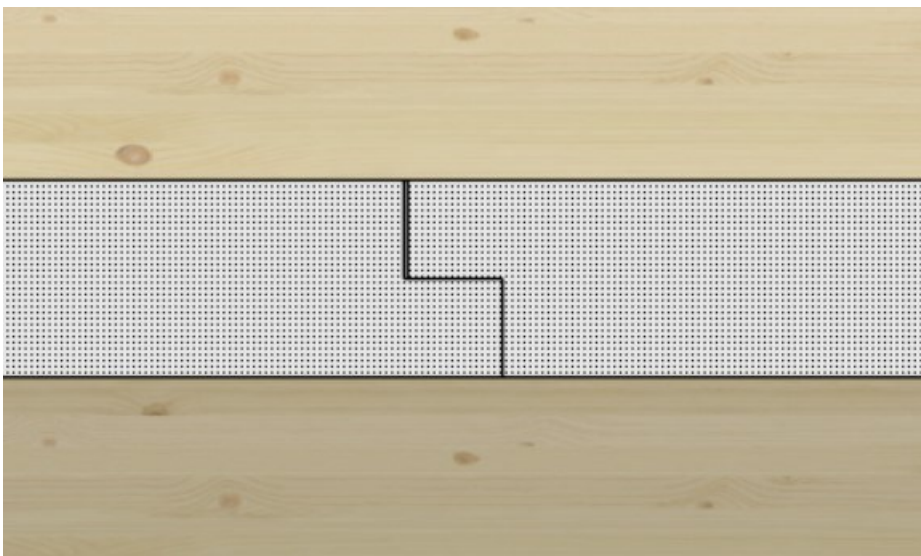
Kuva 29. Venytetty välipohja

Ulkoseiniä mallintaessa rakennekirjastossa voisi olla kuvion 20 mallinen seinä, jossa yläreunaan voisi tehdä haluamansa kokoisen kolouksen parametrejä muuttamalla. Näin saataisiin automaatiolla tehtyä kuvion 17 mallinen rakenne. Sama rakenne sopii myös posipalkkirakenteella toteutettuun välipohjaan.



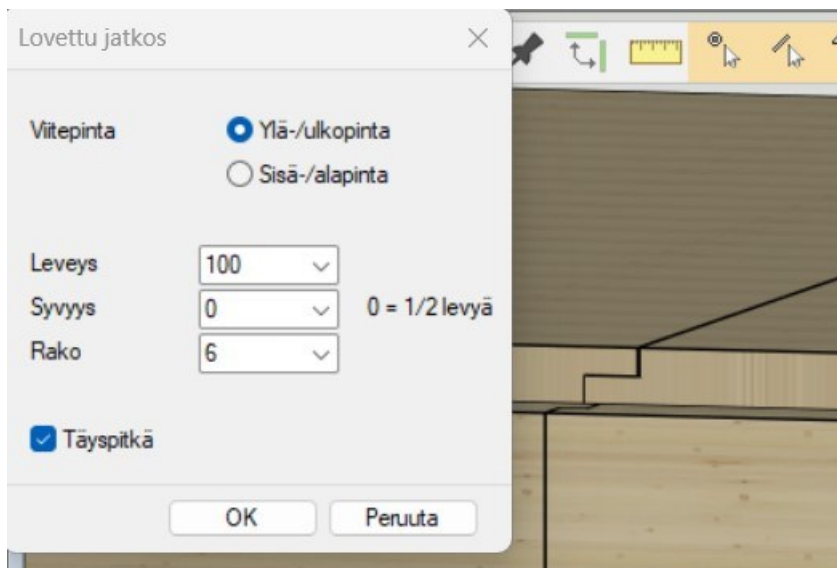
Kuvio 17. Yläreunan kolous

Vertex tekee CLT-elementtien jatkoskohtiin kuvan 30 mukaisen liitoksen automaattisesti.

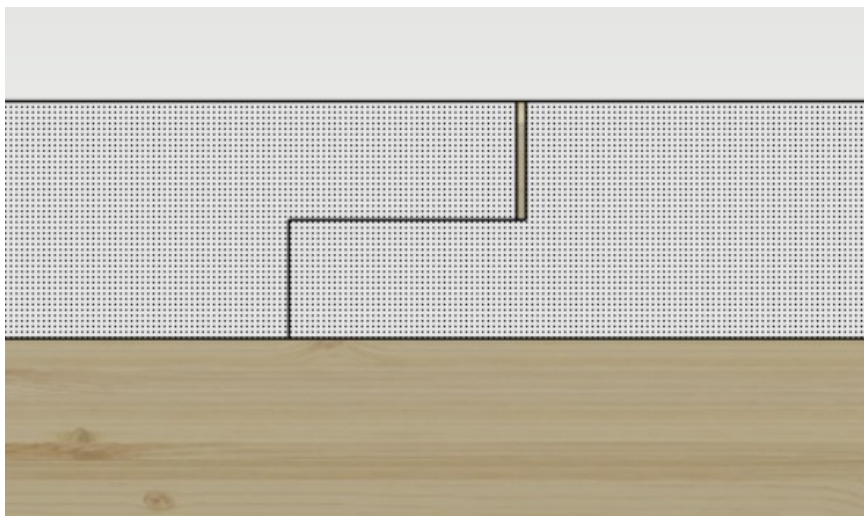


Kuva 30. Jatkoliitos

Mallinnus välilehdeltä löytyy liitos alasetoivalikko, jonka kohdasta liitosdetaljiikka pääsee tekemään yllä olevan jatkoliitoksen myös mittoja muuttamalla (kuva 30). Kuvassa 31 on jatkoliitos, jonka arvoja on muutettu esimerkiksi jättämällä yläpintaan 6 mm:n asennusvara.

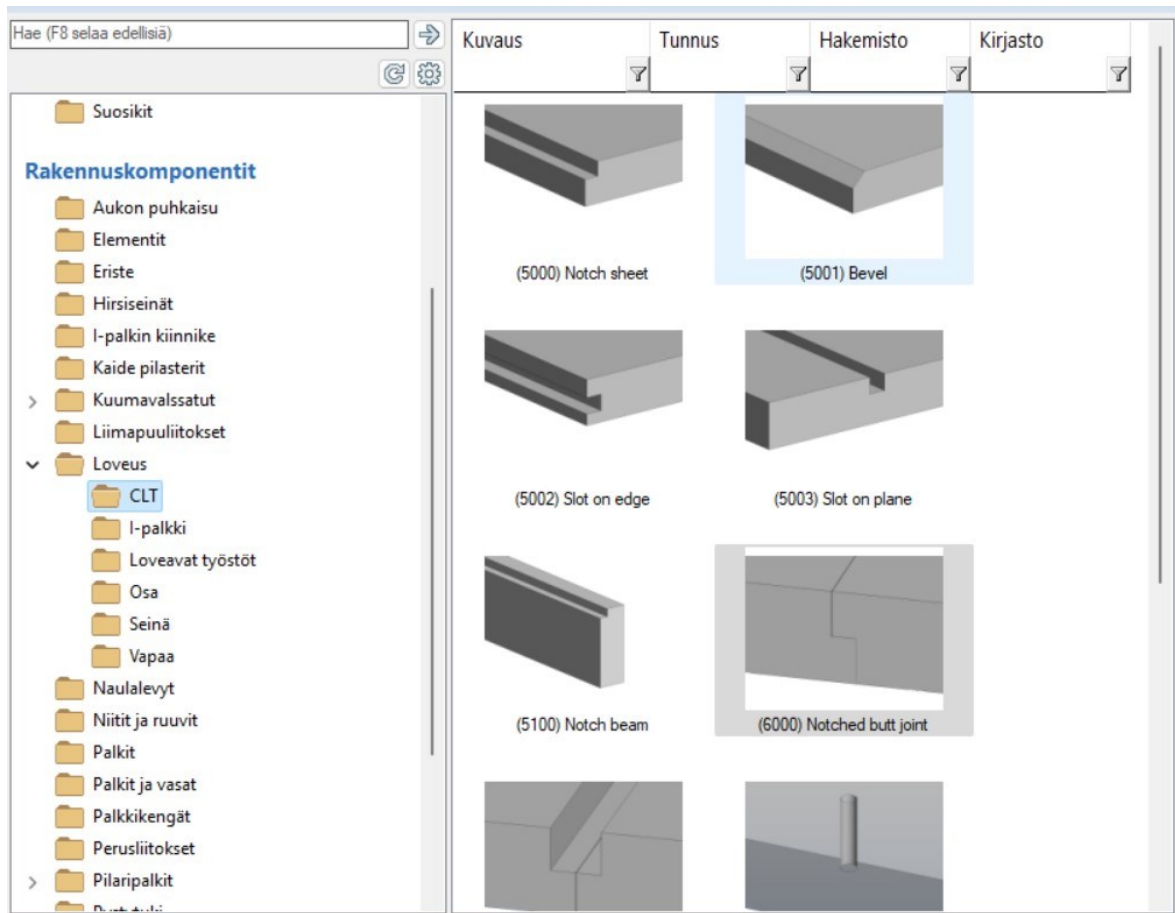


Kuva 30. Liitoksen arvojen muuttaminen



Kuva 31. Muokattu loviliitos

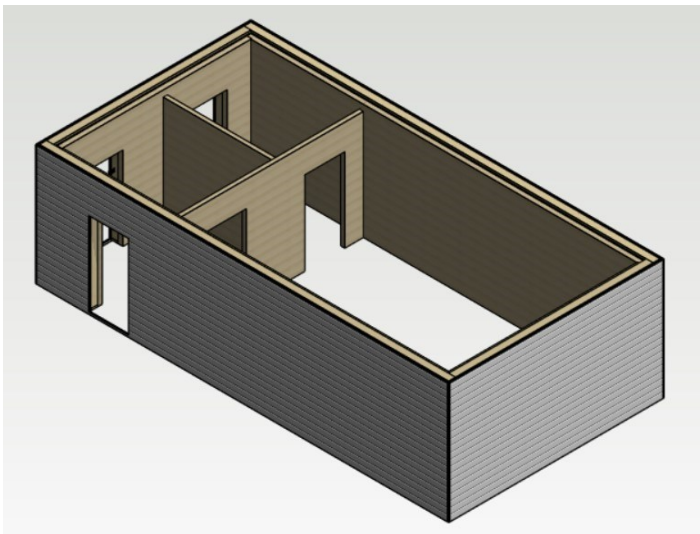
Kyseisessä valikossa voi tehdä myös muita työstöjä CLT-elementteihin, kuten läpivientejä ja reunojen viisteytyksiä (kuva 32).



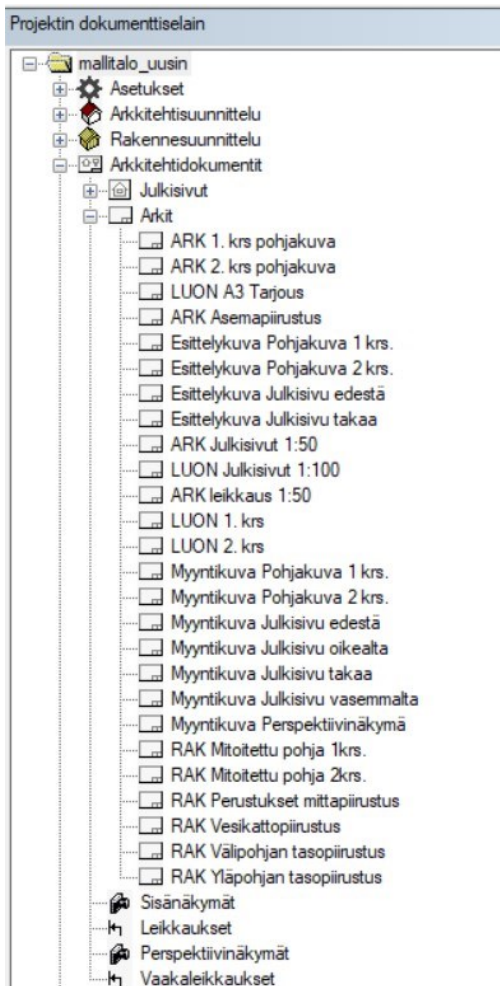
Kuva 32. CLT-loveusdetaljiikka

#### 5.4 Uuden detaljin luominen

Uuden detaljin luominen on mahdollista runkomallin 3D kuvasta (kuva 33) avaamalla vasemmalta löytyvästä projektiselaimesta (kuva 34) mikä tahansa arkki runkokuvan päälle.



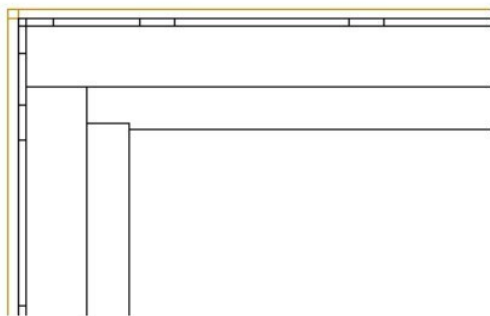
Kuva 33. 3D runkomalli



Kuva 34. Projektin dokumenttiselain

Mallinnus välilehden alta löytyy työkalut alavetovalikko, josta "tuo näkymä mallista" kohdan valitsemalla aukeaa aiemmin avattu 3D-näkymä. Tästä näkymästä valitaan halutun detaljin kohta kohdistuspiste osoittamalla ja aukeavasta valikosta valitaan rautalankamalli.

Valittu kohta siirtyy 2D-kuvana aikaisemmin valitulle arkille. Kuvassa 35 malli valitusta detaljin kohdasta.



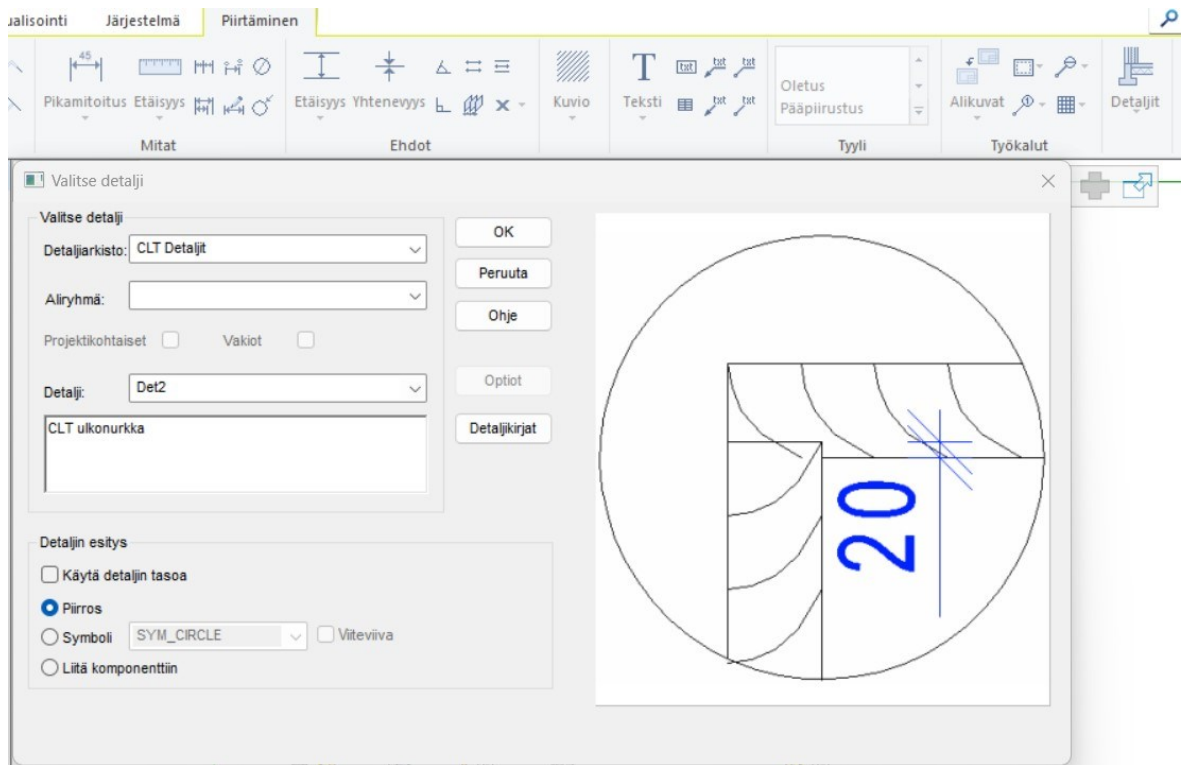
Kuva 35. 2D-kuva halutusta detaljista

Aktivoimalla kuvan maalamalla se vasemmalta oikealle ja valitsemalla hiiren oikean napin takaa löytyvän lisätoiminnot valinnan takaa löytyvän ”kopioi uuteen ikkunaan” komennon, aukeaa kuva tilaan, jossa voit muokata sitä esimerkiksi piirtäminen välilehden alta löytyvillä työkaluilla. Voit myös lisätä kuvaan tekstiä tai mittoja samalla välilehdellä.

Muokatun kuvan pääsee tallentamaan uudeksi detaljiksi piirtäminen välilehdeltä löytyvän detaljit alasvetovalikon kautta valitsemalla kohdan ”tallenna piirustus detaljiksi”. Kuvassa 36 näkyy avautuva valikko, jossa voi nimetä detaljin ja muuttaa sen tietoja. Tallennuspaikaksi voit valita kyseisen projektin tai oman yleisen detaljikirjaston.

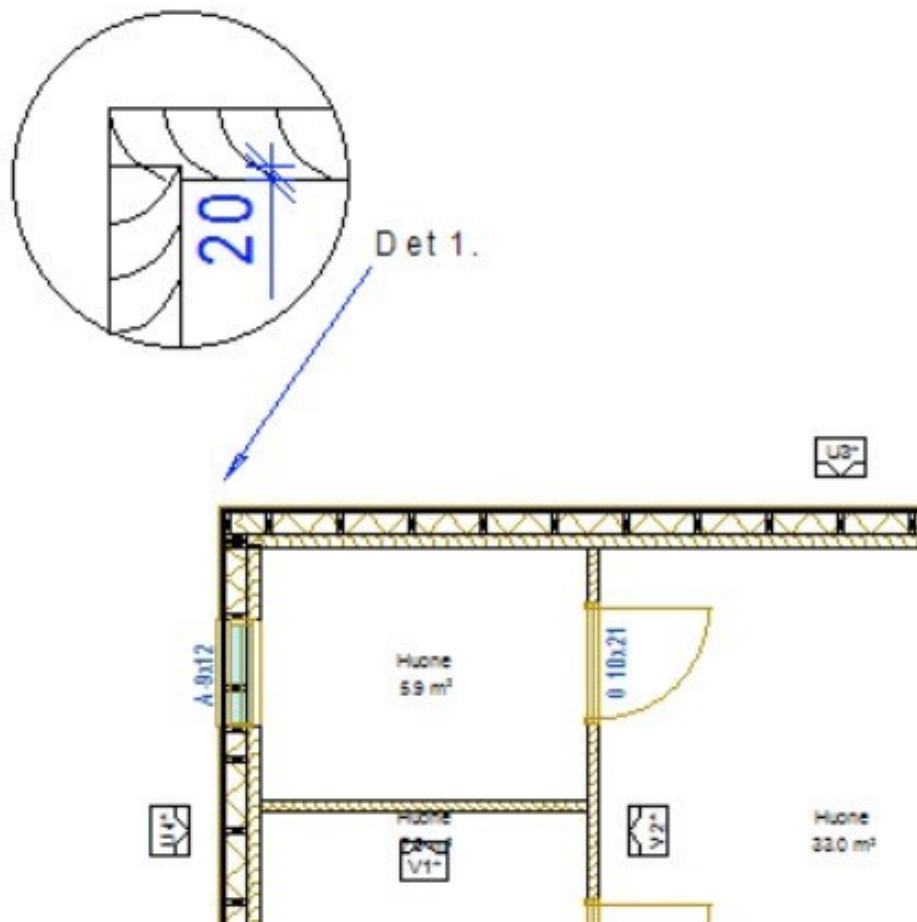
Kuva 36. Detaljin tietovalikko

Kun tallennuspaikka on valittu, voit sulkea kaikki avoimet ikkunat tallentamatta niitä. Tallennetun detaljin voi liittää mihin tahansa projektin kuvaan piirtäminen välilehdeltä löytyvästä detaljit alasvetovalikosta valitsemalla ”valitse detalji” kohdan. Kyseinen komento avaa kuvan 37 mukaisen valikon, josta löytyy tehdyt detaljit, ja joitain ohjelmassa olevia vakiodetaljeja.



Kuva 37. Detailjivalikko

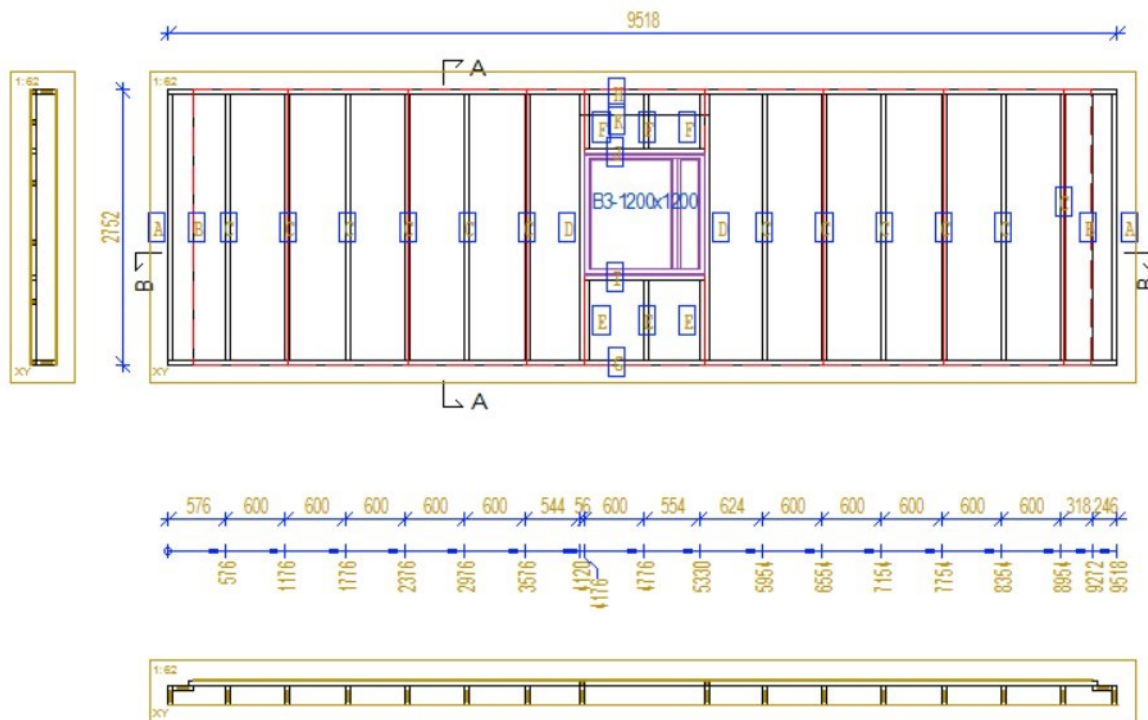
Kuvassa 38 on seinäelementtien pohjakuva, johon on lisätty nurkkadetalji.



Kuva 38. Nurkkadetalji

## 6 CLT-elementtikuvat

Kuvassa 39 on rankarunkoisen talon seinäelementtikuva, jossa näkyy automaatiolla tulevat mitoitukset. Kuvaan tulee seinän korkeus- ja leveysmitat, sekä runkojako välimitoilla ja juoksevalla mitalla.



Kuva 39. Rankarunkoisen talon elementtikuva

Elementtikuvaan pystyy lisäämään mittoja kuvan 40 mukaisesta valikosta, johon pääsee hiiren oikean painikkeen takaa valitsemalla lisää mitta näkymään vaihtoehtoon.

Valikosta löytyy 99 erilaista mitoitustyökalua ja osaa niistä on vaikea hahmottaa, mitä työkalua haluttuun mittaan tulisi käyttää. Valikkoa ja mitoitusten nimiä pystyy kuitenkin muokkaamaan itselle paremmin sopivaan muotoon.

Näkymän mitoitus

Sivu 1 | Sivun 2

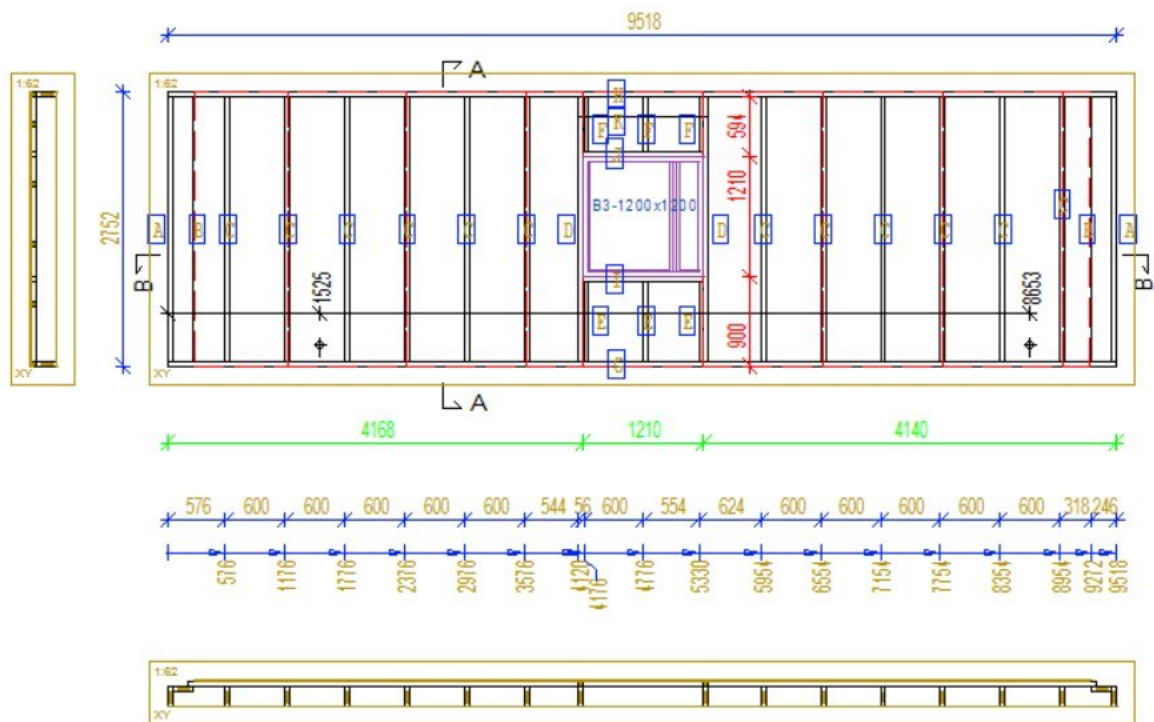
Kuvaus	Nimi	Geom	Alku...	Merkki	Loppu	Merkki	Muoto	Ominaisuudet	Tyyppi	Teksti	Järj.
Sisäpuolen koolausk...	INT_BAT_1		1	5	1	5	0	VIEWMEAS.MAIN	1		020
Sisäpuolen koolausk...	INT_BAT_2		1	5	1	5	0	VIEWMEAS.MAIN	1		021
Sisäpuolen levytys o...	INT_SHT_DIM		1	5	1	5	0	VIEWMEAS.MAIN	1		022
Ulkopuolen koolaus...	EXT_BAT_1		1	5	1	5	0	VIEWMEAS.MAIN	1		030
Ulkopuolen koolaus...	EXT_BAT_2		1	5	1	5	0	VIEWMEAS.MAIN	1		031
Ulkopuolen levytys o...	EXT_SHT_DIM		1	5	1	5	0	VIEWMEAS.MAIN	1		032
Aukkojen korkeusas...	PANEL050		1	5	1	5	0	VIEWMEAS.MAIN	1		050
Aukkojen korkeudet	PANEL051		1	2	1	1	0	VIEWMEAS.MAIN	15		051
Aukkojen vaakamitat	PANEL052		1	5	1	5	0	VIEWMEAS.MAIN	1		052
Aukkojen vaakamita...	PANEL053		1	4	1	1	0	VIEWMEAS.MAIN	5		053
Aukkojen vaakamita...	PANEL053		1	4	1	1	0	VIEWMEAS.MAIN	5		053
Aukkojen korkeusas...	PANEL054		1	5	1	5	0	VIEWMEAS.MAIN	1		054
Aukkojen korkeudet 2	PANEL055		1	5	1	1	0	VIEWMEAS.MAIN	15		055
Vaakarungon korke...	PANEL056		1	5	1	5	0	VIEWMEAS.MAIN	23		056
Vaakakoolauksen ko...	PANEL057		1	5	1	5	0	VIEWMEAS.MAIN	23		057
Koolaus, jonomitta, k...	PANEL064		1	5	1	5	0	VIEWMEAS.MAIN	23		064
Koolaus, jonomitta, k...	PANEL065		1	5	1	5	0	VIEWMEAS.MAIN	23		065

25/99

OK Peruuta

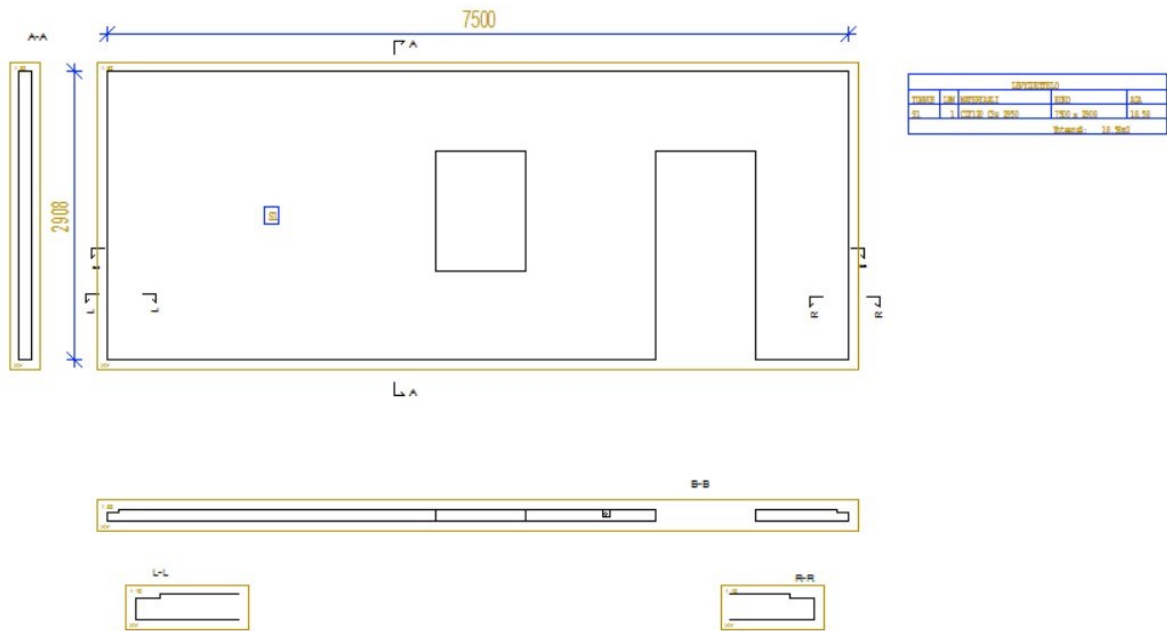
Kuva 40. Mitoitusvalikko

Kuvassa 41 on mitoituksvalikon avulla lisätty kuvaan tarpeellisia mittoja. Ikkuna-aukon punaisella näkyvät korkeusmitat on lisätty PANEL054 komennolla, ikkuna-aukon vihreällä näkyvät vaakamitat PANEL052 komennolla ja pistorasioiden mustalla näkyvät mitat ELBOX komennolla.



Kuva 41. Muokatut mitat

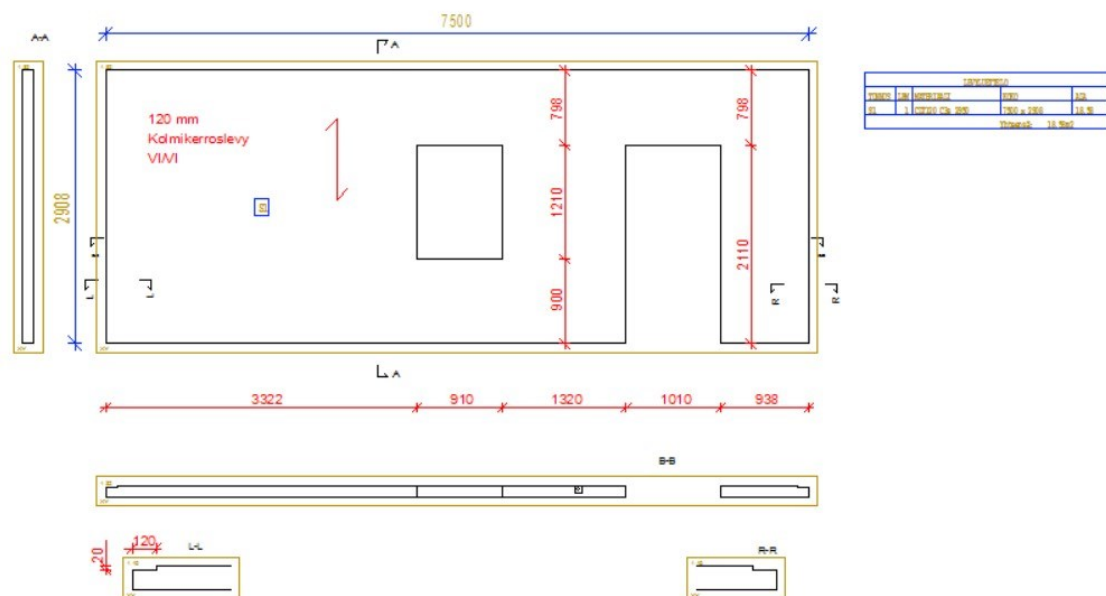




Kuva 43. CLT-elementtikuva

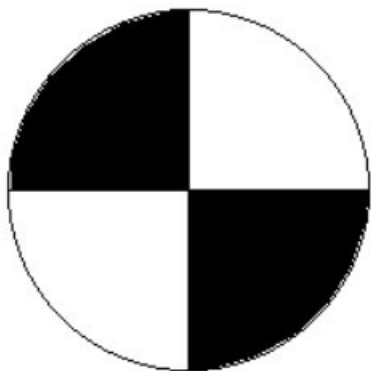
Käsin syöttämällä on kuvaan 44 lisätty punaisella näkyvät elementtikuvan tarvitsemat mitat:

- ovi- ja ikkuna-aukkojen korkeusmitat
- ovi- ja ikkuna-aukkojen leveysmitat
- levytyyppi
- syyn suunta
- nurkkaloveuksen mitat leikkauksessa L-L.



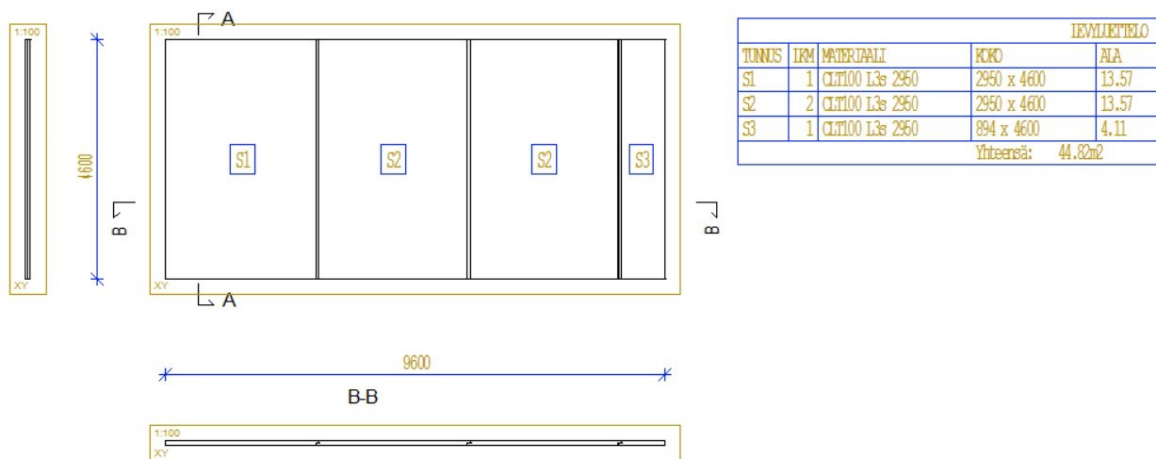
Kuva 44. Muokattu elementtikuva

Elementin tasapainopiste näkyy kuvassa 45. Tasapainopisteen saa lisättyä elementtikuvaan optiot välilehden alta. Optiot välilehden saa näkyviin aktivoimalla halutun kuvan ja valitsemalla hiiren oikean napin takaa löytyvän ominaisuudet valikon.



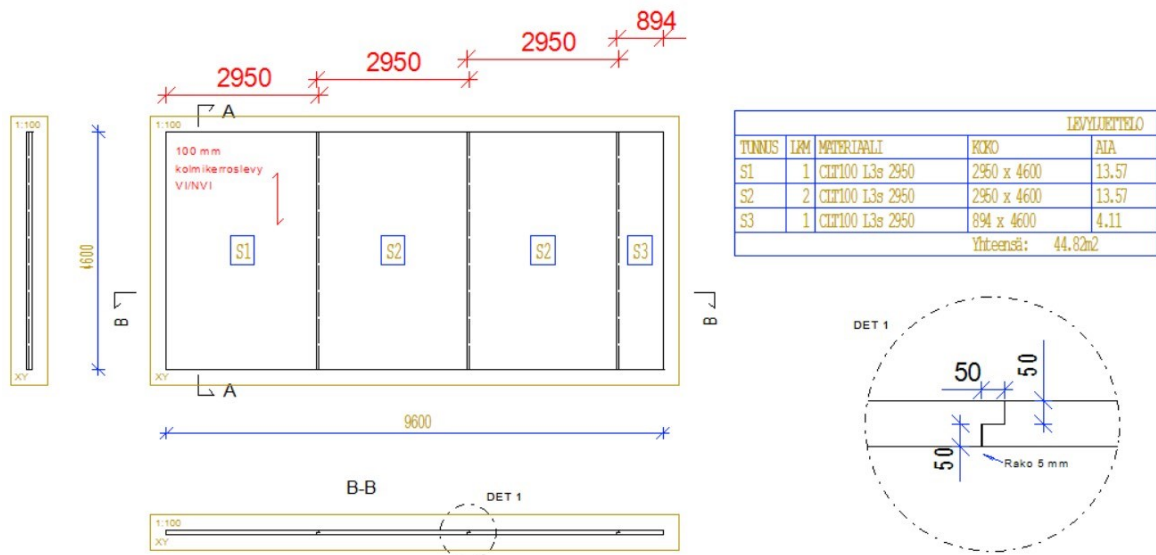
Kuva 45. tasapainopiste

Välipohjasta elementtikuvaa tehdessä antaa ohjelma automaatiolla kuvan 46 mukaisen mallin. Kuvasta löytyy elementtien päämitat korkeuden ja leveyden osalta. Levyluettelosta on nähtävillä yksittäisen elementin mitat. Selvyyden vuoksi olisi hyvä, että kuvaankin tulisi näkyviin yksittäisten elementtien leveydet. Lisäksi kuvassa tulisi näkyä levytyyppi, syynsuunta, tasapainopisteet ja leikkauksesta B-B tulisi kuvaan lisätä detalji, jossa näkyy levyjen jatkoskohdan mittatiedot.



Kuva 46. Välipohjan elementtikuva

Kuvassa 47 on muokattu välipohjan elementtikuva, johon on lisätty yksittäisten elementtien leveysmitat, levytyyppi ja syynsuunta. Lisäksi kuvaan on lisätty detalji levyjen jatkoskohdasta.



Kuva 47. Välipohjan muokattu elementtikuva

## 7 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Lahden Puurakentajien käyttämää Vertex BD- tietomallinnusohjelmistoa CLT-suunnittelussa. Puurakentamisella on Suomessa pitkät perinteet, mutta CLT-rakenteiset talot ovat vielä suhteellisen tuore asia, joten mallintamishjelmatkaan eivät täysin vastaa CLT-suunnittelun tarpeita, vaan puutalojen suunnittelussa on keskitytty enemmän rankarunkoisten talojen mallintamiseen.

Lahden Puurakentajien toiminta-ajatuksena onkin lyhentää huomattavasti työmaalla käytettävää aikaa ja tämä voidaan toteuttaa vain hyvällä suunnittelulla. Jotta suunnittelutyö olisi sujuvaa, pitäisi ohjelmistosta saada mahdollisimman paljon tietoa tuotettaviin kuviin automaationa. Detaljiikka ja muut tarvittavat tiedot on kehitetty pitkälti rankarunkoisen talon suunnittelun tarpeisiin, joten CLT-suunnittelussa on vielä tällä hetkellä paljon aikaa vievää tietojen käsin syöttämistä.

Opinnäytetyössä CLT-suunnittelua tutkittiin rungon, vesikattorakenteiden ja välipohjien rakennetyyppien, detaljiikan ja ohjelmiston tekemien elementtikuvien osalta.

Vertex BD:ssä on oma rakennekirjasto CLT-elementeille, mutta se ei kovinkaan hyvin vastaa Lahden Puurakentajien tarpeita. Vaikka elementtejä pystyy rakennekirjastossa muokkaamaan esimerkiksi rakennekerrosten ja vahvuuksien osalta, ei ohjelma aina tunnista muokattua rakennetta ja tästä syystä saattaa tehdä vääränlaisen liitoksen seinien kesken. Ohjelmiston asiakasversioon tulisikin mallintaa valmiiksi kaikki Lahden Puurakentajien käyttämät rakenteet niin seinien, kattojen, lattioiden ja välipohjien osalta.

Ohjelmistossa löytyy rankarunkoiselle talolle liitosdetaljiikkaa hyvin, mutta CLT-detaljiikka on hyvin vajavaista. Liitoksia pystyy muokkaamaan käsin, mutta näin tehdessä joutuu jokaisen liitoksen tekemään erikseen. Tässä työvaiheessa säästäisi huomattavasti aikaa, kun liitosdetaljiikkakirjastoon mallinnetaan Lahden Puurakentajien käyttämät liitostavat.

Rankarunkoisen talon elementtikuviin tulee automaatiolla huomattavasti enemmän tarvittavaa tietoa, kuin CLT-elementtikuviin. Kuvaan tuli automaatiolla vain elementin päämitat ja käsin joutuu syöttämään aukkojen mitat, levytyypin, syyn suunnan ja loveuksien mitat. Kun elementtikuvat tehdään mahdollisesti ulko- ja väliseinistä, kattoelementeistä, latioista ja välipohjista säästyisi paljon aikaa, jos tarvittavat tiedot saisi kuviin ilman erillistä työtä.

Jatkotutkimuksen aiheita suunnittelutyön kannalta olisi tästä opinnäytetyöstä pois jätetyt varustelutehtaalle tehtävät tuotantokuvat, CNC-koneistuskuvat, elementtien pakkaussuunnittelu, sekä nestauksen optimointi hukan minimoimiseksi.

## Lähteet

CLT by Stora Enso. 2021. Technical documentation construction. Viitattu 3.4.2023. Saatavissa <https://www.cltcz.info/wp-content/uploads/CLT-by-Stora-Enso-Technical-documentation-Construction-2021.pdf>

Cltcrosslaminatedtimber. 2013a. CLT panel to panel connection. Viitattu 14.3.2023. Saatavissa <http://www.cltcrosslaminatedtimber.com.au/products/connectors-brackets-fixings/clt-panel-panel-connection>

Cltcrosslaminatedtimber. 2013b. CLT wall-wall connection. Viitattu 22.3.2013. Saatavissa <http://www.cltcrosslaminatedtimber.com.au/products/connectors-brackets-fixings/clt-wall-wall-connection>

CLT Handbook. 2013. Cross-laminated timber. Viitattu 4.4.2023. Saatavissa [https://www.seattle.gov/dpd/cms/groups/pan/@pan/documents/web\\_informati-onal/dpds021903.pdf](https://www.seattle.gov/dpd/cms/groups/pan/@pan/documents/web_informati-onal/dpds021903.pdf)

Jävämä, P. & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Pieksämäki: Pieksänprint.

Koskinen, V. 2023. Hankejohtaja. Lahden Puurakentajat Oy. Haastattelu kevät 2023.

Lahden Puurakentajat Oy. 2021. Ajankohtaista. Viitattu 6.2.2023. Saatavissa <https://www.lahdenpuurakentajat.fi/ajankohtaista/>

Mitek Finland Oy. 2023a. Posipalkki. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://www.mitek.fi/posi-palkki/>

Mitek Finland Oy. 2023b. Posiraudat. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://www.mitek.fi/naulalevyt/posiraudat/>

Mitek Finland Oy. 2023c. Posi-välipohjan läpileikkaus paljastaa kuinka tehokas välipohjan äänieristys rakentuu. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://www.mitek.fi/2022/04/20/posi-valipohjan-lapileikkaus-paljastaa-kuinka-tehokas-valipohjan-aanieristys-rakentuu/>

Mäki, T., Paavola, S, Kerosuo, H. & Miettinen, R. 2012. Tietomallintamisen käytöt rakentamisessa. Saatavissa <http://hdl.handle.net/10138/233019>

Puuinfo. 2022a. Materiaalivaihtoehdot. Viitattu 8.3.2023. Saatavissa <https://puuinfo.fi/rakenteet/massiivipuulevyrakenteet/materiaalivaihtoehdot/>

Puuinfo. 2022b. Monikerroslevy-CLT. Viitattu 14.3.2023. Saatavissa <https://puuinfo.fi/puu-tieto/insinööri tuotteet/monikerroslevy-clt/>

RT 10-11070. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset. Osa 5. Rakennesuunnittelu. Saatavissa rajoitetusti <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.saimia.fi/kortit/RT%2010-11070>

RT 10-11076. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset. Osa 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen. Rakennustieto. Saatavissa rajoitetusti [https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.saimia.fi/kortit/RT%2010-11076?external\\_system=Juha&nav-ref=Search&page=6](https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.saimia.fi/kortit/RT%2010-11076?external_system=Juha&nav-ref=Search&page=6)

Siikanen, U. 2016. Puurakentaminen. 2. uudistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Tts. 2016. CLT-rakentamisen haasteet ja mahdollisuudet. Viitattu 14.3.2023. Saatavissa [https://www.tts.fi/files/661/lappia\\_m\\_mylly\\_puunet20160923b.pdf](https://www.tts.fi/files/661/lappia_m_mylly_puunet20160923b.pdf)

Vertex. 2023a. Yritys. Viitattu 6.2.3032. Saatavissa <https://vertex.fi/yritys/>

Vertex. 2023b. Bd. Viitattu 6.2.3023. Saatavissa <https://vertex.fi/bd/>

Vertex. 2023c. Bd, ominaisuudet. Viitattu 6.2.2023 Saatavissa <https://vertex.fi/bd/ominaisuudet/#bim>









