

CLT-rakentamisen kehittäminen

Pientalo: Detalji-kirjasto

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Puutekniikka

2021

Kimmo Leuku

Tiivistelmä

Tekijä(t) Leuku, Kimmo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 49	Valmistumisaika 2021
Työn nimi CLT-rakentamisen kehittäminen Pientalo: Detalji-kirjasto		
Tutkinto Puutekniikan insinööri (AMK)		
Ohjaavan opettajan nimi, titteli ja organisaatio Ilkka Tarvainen, lehtori, Puutekniikka		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Vili Koskinen, Toimitusjohtaja, Lahden Puurakentajat Oy (Puurakentajat Pientalot Oy)		
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö on Lahden Puurakentajat Oy:n (Puurakentajat Pientalot Oy:n) toimeksianto. Opinnäytetyössä käsitellään CLT-rakennusratkaisuja omakoti- ja pientalorakentamisessa. Opinnäytetyön päätavoite on kehittää ja rakentaa detalji-kirjasto, mitä yrityksen Suunnittelun kehittäminen -projektissa käytetään osana CLT-talomalliston luomista.</p> <p>CLT (Cross Laminated Timber) eli ristiinliimattu massiivipuulevy on suomessa varsin uusi tuote, ensimmäinen CLT-tehdas aloitti toimintansa suomessa vuonna 2014.</p> <p>Uudet talot kuluttavat entistä vähemmän energiaa, joten rakennusmateriaaleista ja rakentamisesta syntyvät päästöt korostuvat. CLT ja puu ovat rakennusmateriaaleina ihmisen mielelle ja terveydelle parempia kuin betonirakennukset.</p> <p>Suunnittelu-, rakenne- ja materiaaliratkaisut vaikuttavat hintaan ja päästöihin. Puurakentamisen puolella ei ole standardisoituja rakenteita tai rakennustapoja, kuten betonirakentamisen puolella on. Palomääräyksien tiukkuus puurakentamista kohtaan on myös hidastanut puurakentamisen kasvua.</p>		
Asiasanat CLT, detalji, puu, massiivipuu rakentaminen, hinta.		

Abstract

Author(s) Leuku, Kimmo	Type of Publication Bachelor's thesis	Published 2021
	Number of Pages 49	
Title of Publication Small house Development of CLT construction Bungalow: Detail library		
Name of Degree Bachelor of Engineering, Wood Engineering		
Name, title and organization of the supervising teacher Ilkka Tarvainen, Senior Lecturer, Wood Engineering		
Name, title and organization of the client Vili Koskinen, CEO, Lahden Puurakentajat Ltd (Puurakentajat Pientalot Ltd)		
Abstract <p>This bachelor's thesis is Lahden Puurakentajat Ltd (Puurakentajat Pientalot Ltd) assignment. The thesis deals with CLT structure solutions of detached houses and bungalows. The main goal of the thesis is to develop and build a detail library, what the company's design development project uses as part of creating the CLT house collection.</p> <p>CLT (Cross Laminated Timber) solid wood panel is a relatively new product in Finland, the first CLT factory started operations in Finland in the year 2014.</p> <p>New houses consume even less energy, so emissions from buildings materials and construction are highlighted. CLT and wood are better building materials for human mind and health than concrete buildings.</p> <p>Design solutions, construction solutions and material solutions affect prices and emissions. There are no standardized structures or construction methods on the wood construction side, as is the case on the concrete construction side. The stringency of fire regulations for timber construction has also slowed the growth of timber construction.</p>		
Keywords CLT, detail, wood, wood construction, price.		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Massiivipuुरakentaminen	3
2.1	Massiivipuुरakentamisessa käytetyt insinööri tuotteet	3
2.1.1	CLT	3
2.1.2	LVL	4
2.1.3	NLT	5
2.1.4	MHM.....	6
2.1.5	DLT	7
2.1.6	Holz100	8
2.1.7	WLT.....	9
2.1.8	Hirsi	10
2.2	Massiivipuुरakentamisessa käytettävät liitos mahdollisuudet	13
2.2.1	Ruuvit	13
2.2.2	Kulmaraudat	16
2.2.3	Alaohjauspuut.....	16
2.2.4	Ankkuroinnit.....	17
2.2.5	Epoksiliimat	18
2.3	Massiivipuुरakentamisen edut.....	18
3	CLT detalji-kirjasto	20
3.1	Perustuksiin liittyminen ja alapohja	20
3.2	Välipohja.....	29
3.3	Yläpohja	30
3.4	Läpiviennit	40
3.5	Ikkunat ja ovet	41
3.6	Elementtiliitokset.....	42
4	Yhteenveto	46
	Lähteet	47

1 Johdanto

Lahden Puurakentajat Oy on 2017 perustettu rakennusliike, joka on CLT-omakotitaloihin erikoistunut rakennusliike (Lahdenpuurakentajat 2018). Lahden Puurakentajat Oy on tehnyt yhteistyötä CLT:tä valmistavan Hoisko (CLT Finland Oy) kanssa ja se on toimittanut suurimman osan Lahden Puurakentajat Oy:n käyttämistä CLT-elementeistä.

Syyskuussa 2020 Lahden Puurakentajat Oy myytiin kokonaisuudessaan Puurakentajat Group Oy:lle. Virallisesti Lahden Puurakentajat Oy siirtyi joulukuussa 2020 toimimaan nimellä Puurakentajat Pientalot Oy:n. Lahden Puurakentajat Oy:n perustaja Vili Koskinen ja laadusta vastaava Tuukka Eskola siirtyivät Puurakentajat Pientalot Oy:n osakkaiksi. Vili Koskinen siirtyi Puurakentajat Pientalot Oy:n toimitusjohtajaksi. (Puurakentajat 2020.)

Lahden Puurakentajat Oy on toiminut kesällä 2020 yhteistyössä Puurakentajat Group Oy:n kanssa Joutsenon Koulukeskuksen CLT-rungon pystytyksessä. Puurakentajat Group Oy on erikoistunut julkiseen massiivipuu uudisrakentamiseen.

Puurakentajat Group Oy konsernilla on kokemusta massiivipuurakentamisesta ja -saneeraamisesta vuodesta 2006 alkaen. Puurakentajat Group Oy pystyy suunnittelemaan, toteuttamaan, tuottamaan ja rakentamaan ekologisia ja terveellisiä pientaloja, kerrostaloja, päiväkotia ja kouluja. (Puurakentajat 2021.)

Tavoiteltu puurakentamisen markkinaosuus kaikesta julkisesta uudisrakentamisesta on 31 % vuonna 2022 ja 45 % vuonna 2025. Kansalliset tavoitteet julkiselle puurakentamiselle asetettiin nyt ensimmäistä kertaa. Kunnille tarjotaan tukea tavoitteiden saavuttamiseksi. (Ympäristöhallinto 2020)

Tavoitteet asetettiin myös rakennusmääriltään isoimmille rakennusluokille, eli julkisille opetusrakennuksille (v. 2022 55 % ja v. 2025 65 %), hoitoalan rakennuksille (v. 2022 20 % ja v. 2025 35 %), asuinkerrostaloille (v. 2022 21 % ja v. 2025 46 %) ja kokoontumisrakennuksille (v. 2022 20 % ja v. 2025 30 %).

Vuonna 2019 julkinen rakennuttaja vastasi noin 18 % kaikesta uudisrakentamisesta, mistä noin 15 % oli puurakentamista. (Ympäristöhallinto 2020)

Ympäristöministeriön syksyllä 2020 asettamat tavoitteet antavat hyvää suuntaa massiivipuurakentamisen kehittämiseksi. Koska julkinen rakentaminen antaa suuntaa koko rakennuslalle, on mahdollista keskittää enemmän resursseja pientalojen suunnittelun kehittämiseen ja saada siitä entistä kilpailukykyisempää.

Opinnäytetyössä käsitellään CLT-rakennusratkaisuja omakoti- ja pientalorakentamisessa. Opinnäytetyön päätavoite on kehittää ja rakentaa detalji-kirjasto, jota yrityksen Suunnittelun kehittäminen -projektissa käytetään osana CLT-talomalliston luomista. Detaljeja on kehitetty yrityksessä vanhojen projektien aikana hankitun tiedon pohjalta, esimerkiksi

haastatteluilla ja keräämällä yrityksen työntekijöiden kokemuksia aiemmista rakennuskohteista. Lisäksi on analysoitu vanhoja rakennuskohteita ja niiden rakenteita tekemällä korjauksia ja parannuksia rakennekuviin kokemusten kautta.

Puuproffa on Pro Puu -yhdistyksen palvelu, joka jakaa puualan tietoa ja keskittyy puusepäntalouteen ja puuarkkitehtuuriin, sivuilla käsitellään myös rakentamista. Puuproffan sivuilta löytyvää tietoa on hyödynnetty, kun on avattu massiivipuुरakentamisessa hyödynnettäviä insinöörituotteita.

Puuinfon tavoite on jakaa uusinta tietoa puutuotteista, kehittää alan osaamista ja edistää rakennushankkeiden toteutusta. Puuinfon sivuilta löytyvää tietoa on hyödynnetty, kun on avattu massiivipuुरakentamisessa hyödynnettäviä insinöörituotteita. Puuinfosta löytyvä tieto on ajantasaista ja toiminut analyysin pohjalla, kun vanhojen rakennuskohteiden rakennekuvia on analysoitu yrityksen sisällä detajli-kirjastoa kehittäessä.

2 Massiivipuukurantaminen

2.1 Massiivipuukurantamisessa käytetyt insinööri tuotteet

Massiivipuulevyt ovat liimattuja tai mekaanisilla liittimillä kasattuja kokopuisia elementtejä. Laattamaisten massiivipuulevyjen yleisiä käyttökohteita ovat seinä- ja laattarakenteet. Laattamaisia insinööripuutuotteita käytetään myös pilari- ja palkkirakenteissa. Liimaamalla koottuja ovat CLT, LVL ja perinteinen GLT (Glue Laminated Timber) eli liimapuu. Mekaanisilla liittimillä koottuja ovat NLT, MHM ja DLT. (Puuinfo 2020a.)

2.1.1 CLT

CLT (Cross Laminated Timber) eli ristiinliimattu massiivipuulevy, missä vuorotellen puulamellit (höylätyt lankut) ovat vaakatasossa ja pystysuunnassa. CLT:ssä on yleisesti 3, 5 tai 7 puulamellikerrosta. Pinnanlamellien suunnan voi itse valita, mutta kantavuus perustuu pystysuunnassa rakentamiseen oleviin puulamelleihin. Puulamellien paksuus vaihtelee yleisesti 20–50 mm. CLT-levy on ohuimmillaan 60 mm ja paksuimmillaan 400 mm (Puuinfo 2020b). 200 mm paksua CLT-levyä voidaan käyttää Suomessa ulkoseinärakenteena pientalo hankkeissa ja julkisrakentamisessa, ilman lisäeristystä.

Puulamellit liimataan toisiinsa (yleensä allergia vapaalla formaldehydittömällä) polyuretaaniliimalla. Liimaustekniikan mukaan puulamellit voidaan liimata vain lapeliimattuina tai myös syrjäliimattuina. Syrjäliimattu on täysin ilmatiivis, kun taas syrjästään liimaamaton ei ole. Liimaustekniikka riippuu tehtaasta, koska kaikki tehtaot eivät voi tuottaa kuin lapeliimattua CLT-levyä.

Suomessa vuonna 2020 CLT-levyjä valmistaa kolme eri tehdasta, CLT Plant Oy Kauhajoella, Oy CrossLam Kuhmo Ltd Kuhmossa ja CLT Plant Oy Kauhajoella eli Hoisko. CLT Plant Oy on tuottanut CLT-levyä vuodesta 2018. Oy CrossLam Kuhmo on tuottanut CLT-levyä vuodesta 2014, mikä oli ensimmäinen Suomessa CLT-levyä valmistava yritys. CLT Plant Oy eli Hoisko on tuottanut CLT-levyä vuoden 2016 loppupuolelta alkaen. Stora Enson tehdas, joka valmistaa CLT-levyä sijaitsee Itävallassa. Suomessa CLT on siis varsin uusi rakennusmateriaali. Elementtien maksimi koko vaihtelee tehtaiden mukaan esimerkiksi 3,5 m x 12 m tai 2,95 m x 16 m, mikä pitää huomioida suunnitellessa rakenteita ja logistiikkaa. Kuvassa 1. näkyy eripaksuiset 3- ja 5-kerroksiset CLT-levyt.



Kuva 1. CLT (Puuinfo 2020c)

2.1.2 LVL

LVL (Laminated Veneer Lumber) eli viilupuu, missä sorvatut noin 3 mm paksut puuviilut liimataan yhteen. LVL-levyä käytetään yleensä lujuutta ja kantokykyä vaativissa rakenteissa. Yleisimpiä käyttökohteita ovat palkkirakenteet, pilarit, ristikot, lattialevyt ja seinälevyt. (Lavento, D 2019.).

LVL-levyä voidaan käyttää esimerkiksi CLT-kerrostalon rakennuksessa alempien kerrosten seinämateriaaliina, koska sillä on suurempi kantokyky kuin CLT-levyllä. Suomessa LVL valmistajia ovat Metsä Wood ja Stora Enso. Kuvassa 2. näkyy erikokoisia LVL-levyjä mitä voi käyttää esimerkiksi väliseinä tai palkkirakenteissa.

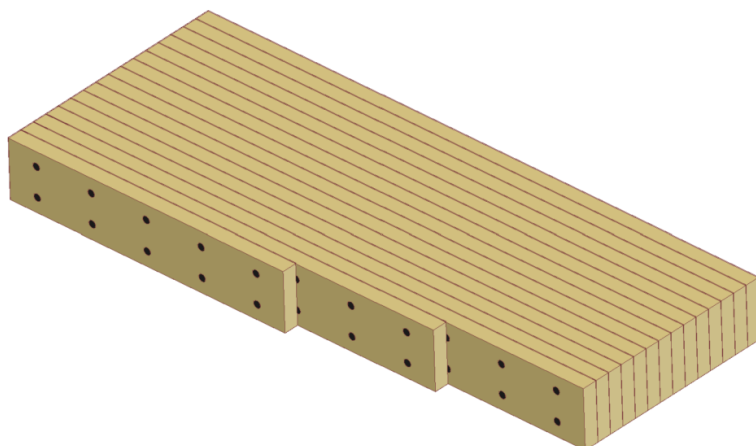


Kuva 2. LVL (Puuinfo 2020d)

2.1.3 NLT

NLT (Nail Laminated Timber) eli nauiloilla koottu massiivipuulevy. NLT-levy valmistetaan yhdensuuntaisista syrjällään olevista lauta kerroksista, mitkä naulataan toisiinsa. Ulkonäköä NLT-levyssä pystyy muokkaamaan näkyvän syrjän profiilia muuttamalla. NLT-levy ei ole nauilojen takia helposti työstettävä, joten siitä on variaatioita, missä naulat on korvattu puutapeilla. NLT-levy ei ole myöskään jäykistävä vaan se tarvitsee ainakin yhden vaneritai lastulevy kerroksen toiselle puolelle. (Puuinfo 2020e.)

Kuvassa 3. on havainnekuva NLT-levystä, missä näkee lautojen olevan naulattu. NLT-levyssä naulat ovat aina erilinjassa edellisten kerrosten nauilojen kanssa.



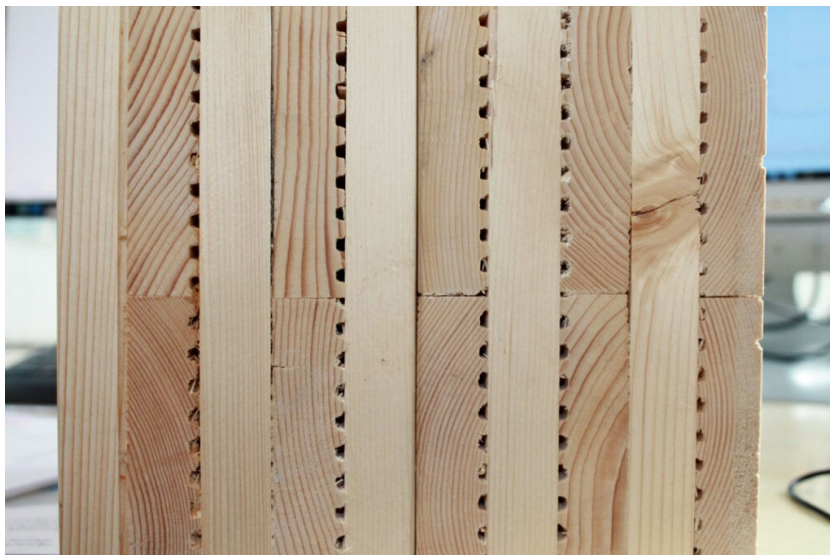
Kuva 3. Havainnekuva NLT (Puuinfo 2020f)

2.1.4 MHM

MHM (MassivHolzMauer) on Saksassa patentoitu puuelementti ratkaisu, minkä valmistuksessa ei käytetä liimaa tai muovia vaan ne naulataan yhteen. MHM-elementit valmistetaan ristikkäin naulatuista havupuulevyistä alumiininauloilla, että CNC-koneiden terät kestävät sen työstämisen.

Puulamelleissa on urat, minkä vuoksi MHM-elementin sisään muodostuu ilmataskuja, jotka lisäävät sen lämmöneristävyyttä. Laudoissa olevien urien enimmäissyvyys on 3 mm. MHM-elementin voi CLT-elementin tavoin tehdä sandwich-elementtinä, jos MHM-elementti tulee massiivisena ilman ulkopuolista eristystä, pitää ilman- ja höyrynsulku sijoittaa sisäpintaan, koska MHM-elementti ei muodosta itsessään ilma- ja kosteustiivistä rakennekerrosta. MHM-elementin leveys voi olla 3–4 m, pituus 6 m, ohuimmillaan se on 11,5 cm ja paksuimmillaan 34 cm. Laudat ovat 24 mm paksuja, lautojen leveys voi vaihdella. Kerrosten lukumäärä on 5–15. Elementit koostuvat aina parittomasta määrästä kerroksia, jolloin sisä- ja ulkopinnan laudat ovat samansuuntaiset. (Puuinfo 2020e.)

MHM ei ole yhtä tunnettu Suomessa kuin CLT. Ensimmäinen MHM talo tuli Suomeen 2020 vuoden asuntomessuille Tuusulaan (Lavento, D 2019). Loviisalainen Timberpoint Oy omistaa suomen ainoan MHM-naulauskoneen. Kuvassa 4. näkee MHM-levyn ristiin naulatun rakenteen ja laudoissa näkyy niihin jyrskityt ilmataskut.

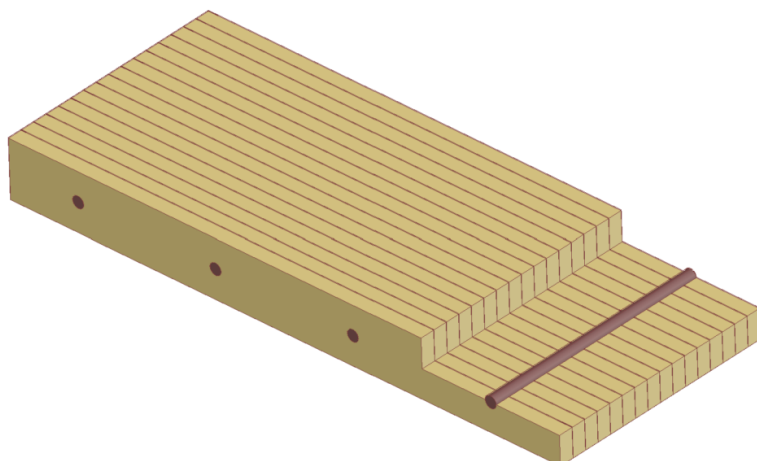


Kuva 4. MHM. (Puuinfo 2020g)

2.1.5 DLT

DLT (Dowel Laminated Timber) on naulatun massiivipuulevyn eli NLT:n kehitetty versio, jossa metallinaulat on korvattu lehtipuutapeilla ja se valmistetaan yleensä ilman liimaa. Tappien ollessa eri puumateriaalia kuin lautojen, niiden kosteuselämisen erojen takia niiden välille syntyy luja liitos, varsinkin kun kuivemmat tapit asennetaan kosteampiin lautoihin ja ne turpoavat kosteuden tasaantuessa tappien ja lautojen välillä. Lämpötilan- ja kosteudenvaihtelut voivat saada aikaan elementtiin muodostuvia rakoja ja vääntyilemistä. DLT-levyihin voi asentaa myös diagonaalisia tappeja, mitkä vähentävät rakoilua ja vääntyilemistä. (Puuinfo 2020e.)

Kuvassa 5. on havainnekuva DLT-levystä, missä näkee lautojen olevan liitetty pitkillä puutapeilla yhteen. DLT-levyssä on yleensä yhdessä linjassa elementin pituisia puutappeja.

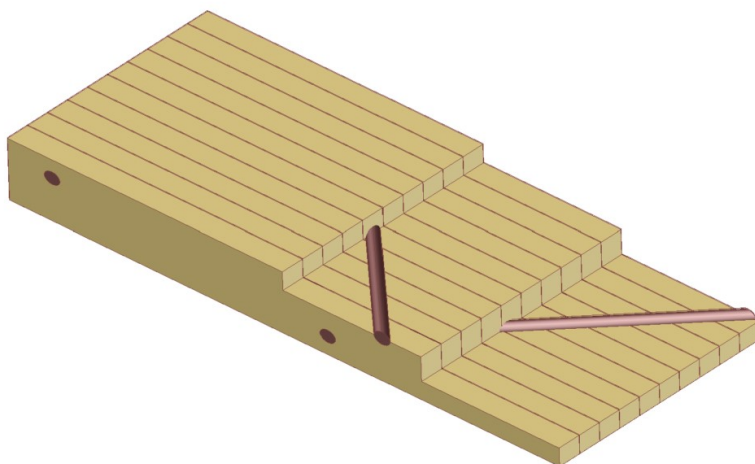


Kuva 5. Havainnekuva Samansuuntainen DLT. (Puuinfo 2020h)

2.1.6 Holz100

Thoma Holz100 on itävaltalaisen Erwin Thoman patentoima puuelementti ratkaisu. Holz100-elementissä ei käytetä nauloja tai liimaa ja se on voittanut monia palkintoja Keski-Euroopassa. Holz100-elementti on kalleimmasta päästä massiivipuuelementteihin verrattuna. Holz100-elementissä on ulkopuolisia ristikkäisistä pysty-, vaaka- ja vinolautakerroksista, joita yhdistää joko rankarakenne tai ylä- ja alasidepuut, mitkä on sidottu yhteen pyökki tapeilla. Ulkoseinissä on tuulensulkupaperi kahden lautakerroksen välissä. (Rakennusmaailma 2020.) Thoman valmistama Holz100 (Wood100) nimellä oleva tuote on DLT-levyn valmistamisen variaatio. (Lavento, D 2019.)

Kuvassa 6. on havainnekuva ristiin ladotusta DLT-levystä, missä näkee lautojen olevan liitetty pitkillä puutapeilla yhteen ja rakenteessa olevan myös ristiin asennettuja puutappeja antamassa lisätukea. Ristiin ladotussa DLT-levyssä elementissä olevat puutapit eivät ole aina samassa linjassa, milloin rakenne on tukevampi ja niistä voi valmistaa kestäviä rakenteita.



Kuva 6. Havainnekuva Ristiin ladottu DLT (Puuinfo 2020i)

2.1.7 WLT

WLT (Wave Layered Timber) eli aaltopuu on suomalaisen Tapani Honkalan patentoima innovaatio. Rakenteessa ei tarvita nauloja, ruuveja eikä liimaa vaan lankut pultataan yhteen. WLT-komponentit ovat kaarevia tai suoria. WLT-komponenteilla on mahdollisuus luoda pyöreitä muotoja olemalla uutuus, mikä edesauttaa arkkitehtien ja suunnittelijoiden luovuutta. WLT-komponentit ovat paljon pienempiä kuin laattamaiset massiivipuu-elementit, mikä mahdollistaa rakentamisen logistisesti haastavissa kohteissa. (Aaltohaitek 2021.)

Aaltoprofiili ja puun kuivausprosessi luovat WLT-komponentin erityisominaisuudet, kuten halkeilemattoman ja jäntevän rakenteen. WLT-komponentit ovat vapaasti skaalattavissa, eristäviin ja kantaviin tarkoituksiin. Hyvän kantokyvyn takia voidaan toteuttaa kevyitä ja siroja ratkaisuja. (Puuinfo 2020j.)

Kuvassa 7. on esimerkki WLT-rakenteesta, missä WLT-komponentit on kiristetty kierretangoilla yhteen. WLT-komponenteista näkyvä aaltorakenne luo poikkeuksellisen lujan ja jousimaisen rakenteen.



Kuva 7. WLT (Aaltohaitek 2019)

2.1.8 Hirsi

Hirsi tyyppejä ovat muun muassa pyöröhirsi, veistetty hirsi, höylähirsi ja lamellihirsi. Hirsirakenteita voi halutessaan lisäeristää ja verhoilla, mitkä parantavat lämmön- ja ääneneristystä. Hirsirakentamisen osuus omakotitalo rakentamisessa on noussut vuoden 2010 11 prosentista vuoden 2020 27 prosenttiin.

Kuvassa 8. näkyy työstetty pyöröhirsi. Pyöröhirsi valmistetaan tukista kuorimalla tai sorvaamalla ja se muistuttaa alkuperäistä puunrunkoa. Sorvatun pyöröhirren varaukset (hirren alapintaan veistetty uurre), tehdään koneellisesti, mutta kuoritun pyöröhirren varaus on tehtävä käsin. Nykyaikaisia pyöröhirren sorvaustapoja on kaksi. Ensimmäisessä tavassa sydänpuu on keskellä hirttä ja toisessa sydänpuu saattaa siirtyä paljonkin. Kun sydänpuu ei ole keskellä hirttä se saattaa aiheuttaa voimakasta vääntyilemistä, mutta tukista pystytään työstämään mahdollisimman iso halkaisijallinen pyöröhirsi. Pyöröhirren pinta halkeilee helposti. (Puuproffa 2021.)



Kuva 8. Pyöröhirsi (Puuproffa 2012a)

Kuvassa 9. näkyy työstetty veistetty hirsi. Veistetty hirsi eli palhottu hirsi (sivuilta kirveellä tasoitettu hirsi). Veistetty hirsi on ennen vanhaan myös piilutettu (sivut veistetty laineelle). Nykyään tukit sahataan määrämittaan pelkäksi (kaksi vastakkaista sivua poistetaan sahaamalla). Jos sahatukki piilutetaan työstövara on huomioitava sahatessa. Veistetty hirsi on pyöröhirttä kestävämpää, koska sydänpuuta on enemmän näkyvillä, kun pintapuu on poistettu. (Puuproffa 2021.)



Kuva 9. Veistetty hirsi (Puuproffa 2012b)

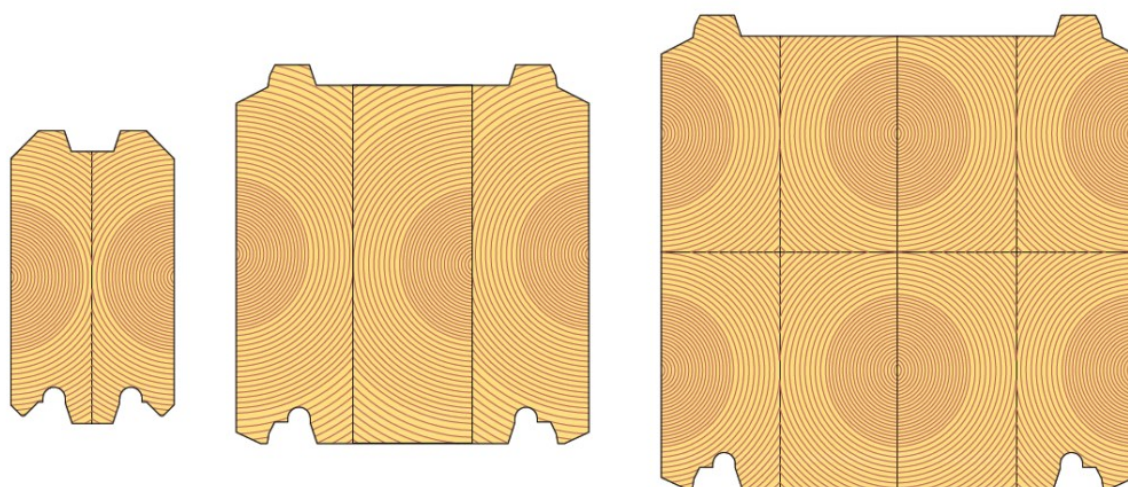
Kuvassa 10. näkyy työstetty höylähirsi. Höylähirsi on teollinen hirsityyppi. 90 mm paksua massiivipuuta voi kutsua hirreksi ja paksuimmillaan yksipuiset hirret ovat yleensä 170–200 mm valmistajien kapasiteetistä johtuen. Höylähirttä valmistaessa voidaan käyttää sydän

halkaistua puuta, joka ei halkeile pinnasta, mutta aiheuttaa vääntyilemistä enemmän kuin hirsi, jonka sydän puu on keskellä. (Puuproffa 2021.)



Kuva 10. Höylähirsi (Puuproffa 2012c)

Kuvassa 11. näkyy erilaisia variaatioita lamellihirrestä. Lamellihirsi on kahdesta tai useammasta puulamellista valmistettu hirsi, jossa sydänpuu on ulkopinnoilla ja tekee lamellihirrestä melkein halkeilemattoman ja vääntyilemättömän. Lamellihirsi mahdollistaa suurien hirsien valmistamisen, kun aikaisemmin hirren maksimileveyden määräsi tukin koko. Painumaton hirsi (lamellihirsi) valmistetaan sijoittamalla keskilamelli pystysuuntaan, kuten CLT:ssä. Lamellihirrestä voi valmistaa myös pyöröhirttä. Painumaton hirsi helpottaa rakennesuunnittelua, koska painumavaroja ei tarvitse huomioida.



Kuva 11. Havainnekuva erilaisista Lamellihirsistä (Puuinfo 2020k)

2.2 Massiivipuurakentamisessa käytettävät liitos mahdollisuudet

Naulat, ruuvit, kulmaraudat, palkkikengät ja pilarikengät ovat puurakentamisessa yleisiä liittimiä puurakenteiden toisiinsa tai muihin rakenteisiin liittämiseksi. Saumojen tiivistyksen merkitys on iso. Yleensä käytetään liimamassaa tai tiivistysnauhaa. Betonin ja puurakenteiden välisissä liitoksissa käytetään bitumihuopaa tai muuta irrotuskaistaletta, jolla saadaan aikaiseksi kapillaarikatko.

2.2.1 Ruuvit

Ruuveja on monenlaisia ja moniin käyttökohteisiin esimerkiksi kansiruuvit, yleisruuvit ja itseporautuvat ruuvit. Puuruuvit ovat massiivipuurakentamisessa elementtien toisiinsa ja muihin rakenteisiin liittämiseksi käteviä, nopeita ja helppoja liittimiä tehokkaiden porakoneiden avulla. CLT-elementtien asentamisessa käytetään yleensä isoja puuruuveja, joiden halkaisija on väliltä 6–10 mm. Ruuvien jako vaihtelee CLT-elementeissä 300–600 mm riippuen elementin vaativuudesta eli paksuudesta ja rakenteen kantavuudesta.

Ruuvien pituus riippuu elementin paksuudesta. Yleensä pientalon runkovaiheen pystytyksessä käytetään 140–200 mm ruuveja, mutta myös 80–120 mm ja yli 200 mm ruuveja saatetaan tarvita. Ruuvien olisi hyvä upota toiseen elementtiin vähintään saman verran siitä mikä on ensimmäisen elementin paksuus, mutta se ei missään tapauksessa saa tulla läpi jälkimmäisestä elementistä ja rikkoa valmista pintaa. Kaikkien ruuvien minimimitoitus on kuitenkin tehtävä leikkauskuormien mukaan ja mitoittaa ruuvien valmistajien antamien arvojen mukaan.

CLT-elementtejä asennettaessa ruuveissa on yleensä aina osakierre ja itsekierteittäviä ruuveja, jotta ruuveilla olisi parempi vetokyky. Ruuvien kannan valinta riippuu myös mitä ruuvilta vaaditaan kasausvaiheessa ja rakenteellisesti. Laippakantaisilla ruuveilla saadaan aikaiseksi tiiviit liitokset, koska niillä on vetokykyä ja niitä käytetään paljon CLT-elementtejä asennettaessa. Sylinterikantaiset ruuvit toimivat kohdissa, missä halutaan tapittaa tai muuten peittää ruuvinkannat piiloon näkyvissä pinnoissa, milloin ruuvien jättämä jälki on melkein olematon ja helppo paikata.

Jarno Jaakonsaari (2021) totesi ruuveja koskien samalla kun hänellä oli palaveri Vili Koskisen kanssa: Miten ja mihin käyttökohteisiin sylinterikantaiset ruuvit ovat saaneet syntynsä, mihin hän ei osannut vastata. Mietimme kuitenkin samalla Jarno Jaakonsaaren ja Vili Koskisen kanssa, että voisimme käyttää sylinteri kantaisia ruuveja esimerkiksi joka toisena vaihtoehtona kohteissa, joissa CLT-elementti jää näkyväksi ulkopinnaksi ja käsitellään. Käyttäisimme näissä kohteissa joka toisena sylinteri kantaista ruuvia ja tapittaisimme vain

joka toisen ruuvin mikä olisi laippakantainen ruuvi, jolla saisimme vedätyksen aikaiseksi ja liitoksen tiiviiksi. Näin sylinteri kantaisten ruuvien jättämä pieni jälki tarvitsisi vain paikka liimata tai massata ja se nopeuttaisi työtä reilusti ja tekisi siitä kustannustehokkaampaa, kun vain joka toinen ruuvi tarvitsee tapittaa.

Kuvassa 12. olevaa pitkää sylinterikantaista puuruuvia voidaan käyttää esimerkiksi nurkkaliitoksissa, ala- väli- ja yläpohjaliitoksissa, joissa ruuvin ei itse tarvitse saada vetoa aikaiseksi. Kuvassa 13. olevassa uppokantaisessa puuruuvissa ei ole koko matkalla kierkeitä, mikä parantaa sen vetokykyä, mutta se ei sylinterikantaisen ruuvin kaltoin saa myöskään massiivipuulementtejä asennettaessa tarpeeksi vedätystä aikaiseksi, kun taas kuvassa 14. oleva leveäkantainen puuruuvi saa parhaan vedätyksen itsessään aikaiseksi massiivipuulementtejä asennettaessa ilman erillisiä apuvälineitä.

Kuvassa 15. olevaa kuusiokantaista puuruuvia käytetään massiivipuulementtien nostamiseen nostoelimillä. Ruuvia ei saa käyttää kuin kerran. Yleensä yhdessä nostossa käytetään neljää ruuvia. Ruuvista jää nostoelimen näkyviin kierteetöntä osaa noin 2–3 cm:ä. Kuvassa 15. on kerran käytetty ruuvi ja se lienee ruuvinkannan läheisyydestä hieman käänntyneen.



Kuva 12. Sylinterikantainen puuruuvi 8 x 260 mm



Kuva 13. Uppokantainen puuruuvi 8 x 120



Kuva 14. Leveäkantainen puuruuvi 8 x 120



Kuva 15. Kuusiokantainen puuruuvi 10 x 180

2.2.2 Kulmaraudat

Kulmaraudat ovat hyviä liittimiä puuelementtien välisinä liitoksina. Tällaisia liitoksia ovat esimerkiksi ala-, väli ja yläpohjarakenteet. Kulmarautojen tulee jäädä piiloon tai jokin myöhemmin tulevan rakenteen peittää ne. Kulmarautoilla voidaan liittää myös puulevyjä kattorakenteisiin, jolloin näkyvällä puolella ei ole esilläolevia kiinnikkeiden jälkiä. Kulmarautojen jako pitää mitoittaa tarpeen mukaan ja valita oikeanlaiset ruuvit tai naulat käyttökohteen vaativuuden mukaan. Erilaisia metallisia kannattimia ja kiinnikkeitä on monia massiivipuurakentamiseen ja palkkirakenteiden rakenneliitoksiin, mutta monet kiinnikkeet tulevat kalliiksi ja ovat tarpeellisia vain julkisrakentamisessa.

2.2.3 Alaohjauspuut

Alaohjauspuu ruuvataan, pultataan tai ankkuroidaan tukevaan rakenteeseen ja siihen ruuvataan tukeutuva elementti kiinni. Alaohjauspuun ja betonirakenteen väliin tulee aina asentaa kosteuskatko. Alaohjauspuut ohjaavat elementin linjaan ja tukevat alapäätä asennuksen aikana.

Alaohjauspuuna voi käyttää kertopuuta tai muuta puutavaraa vaativuuden mukaan. Kertopuuta voidaan käyttää 39 x 66 mm alkaen ylöspäin ja muuta puutavaraa 48 x 48 mm alkaen ylöspäin. Pienempiä alaohjauspuita on vaikea saada tukevasti kiinnitettyä tukevaan rakenteeseen ja saada puuelementti ruuvattua tarpeeksi tukevasti kiinni alaohjauspuuhun, minkä takia niitä tulisi välttää. Alaohjauspuun dimensioiden yli ei saa pistää esiin mitään

alaohjauspuun kiinnitystavasta riippumatta, koska se saattaa jäädä kantamaan massiivipuulementtiä.

Tuukka Eskola (2021) totesi alaohjauspuiden olevan ehkä paras tapa sitoa seinäelementit lattiarakenteeseen sen ollessa betonia, koska ne voidaan rauhassa asentaa paikalleen ennen elementtiasennusta ja ristimita on helppo tarkistaa varsinkin monimuotoisissa rakennuksissa. Jos ala- tai välipohja on puusta ja oikeamittainen, on selvästi helpompaa tehdä vinoruuvaus siihen varsinkin, jos ulkopuolelle tulee verhous, eikä ruuveja varten tarvitse tehdä senkkauksia.

2.2.4 Ankkuroinnit

Ankkurointitapoja on monia muun muassa ruuviankkuri, kiila-ankkuri, ankkuritanko, lyönti-ankkuri ja kemialliset ankkurimassat. Puuelementtejä ankkuroidessa betonirakenteeseen pitää niiden väliin aina asentaa kosteuskatko.

Jos alapohja, välipohja tai yläpohja on kokonaan massiivipuulementistä ja sen alapuolinen rakenne on betonista, voidaan työstää reikä ja ankkuroida massiivipuulementti suoraan betonirakenteeseen, jolloin voidaan ylemmät rakenteet liittää mittatarkkaan massiivipuulementtiin helposti. Massiivipuulementtinen seinä voidaan ankkuroida suoraan sokkeliperustukseen, mutta alaohjauspuuta käyttämällä säästyy aikaa itse asennusvaiheessa ja nosturikuluissa.

Kuvassa 16. oleva ruuviankkuri on yksinkertainen ankkurointi tapa, jolla voidaan myös kiinnittää tukirakenteita ja käyttää uudelleen. Ruuvissa näkyy hieman ruostetta, koska sitä on käytetty aikaisemmin. Kuvassa 17. olevasta kiila-ankkurista täytyy katkaista kiristämisen jälkeen ylimääräinen kierreosa pois, ettei se jää pistämään esiin ja ole tiellä.



Kuva 16. Ruuviankkuri



Kuva 17. Kiila-ankkuri

2.2.5 Epoksiliimat

Epoksiliimoilla voi yhdistää erilaisia palkkeja metallituilla eli yhdistää metallirakenteita puuhun. Epoksiliimat ovat kallis ratkaisu ja pientalorakentamisessa yleisesti ottaen turha ratkaisu paitsi, kun vanhoja metallirakenteita jatketaan tai niihin halutaan liittää puurakenteita. Epoksiliimoja kannattaa käyttää, kun halutaan varmistaa, ettei vanha metallirakenne pääse ruostumaan tai ei ole mahdollista yhdistää metallitukea puurakenteeseen muulla keinoin.

2.3 Massiivipuorakentamisen edut

Elementit ovat tehty mittatarkoiksi tehtaalla rakennuskuvien mukaan ja asennus on nopeaa. Rakennus saadaan nopeasti sääsuojaan ja kaikki läpiviennit on suunniteltu ja työstetty elementteihin valmiiksi. Massiivipuorakenteet ovat myös täysin muovittomia ja hengittäviä.

Rakentaminen tuottaa 30 % kaikista hiilidioksidipäästöistä. 5–12 % Suomen hiilidioksidipäästöistä on peräisin rakennustuotteiden valmistuksesta. 90 % aiheutuu sementin ja teräksen valmistuksesta. Jos kaikki Euroopan talot rakennettaisiin puusta eikä betonista, hiilidioksidipäästöt tippuisivat 60 % ja uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö tippuisi 70 %. Puurakennus sitoo hiilidioksidia niin kauan kun sitä käytetään ja kun rakennus puretaan sen voi käyttää energiantuotantoon. Arviolta 40–50 % kaikesta jätteestä syntyy rakentamisesta ja rakennusten purkamisesta. (Siparila 2020.)

Kestävä kehitys on tärkeä aspekti nyky-yhteiskunnassa. Tämä ja ympäristöministeriön linjaukset ovat ajaneet puurakentamisen agendaan eteenpäin. Kestävän kehityksen neljä ulottuvuutta ovat ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurillinen kestävyys. Luonnonvarojen kestävä käyttö, ilmaston muutoksen hidastaminen ja biologisen monimuotoisuuden turvaaminen ovat tällä hetkellä ympäristöpolitiikan suuria haasteita. (Puuinfo 2020l).

Uudet puurakennusten korkeuteen vaikuttaneet säädökset ja palomääräykset ovat helpottaneet puurakentamisen hankkeita. Tärkeää olisi kehittää puurakentamisen puolelle suunnittelutyökaluja mitkä löytyvät jo betoni- ja teräsrakentamisen puolelta, mikä edistäisi puurakentamisen kilpailukykyä. (Puuinfo 2020m.)

Puurakentamisella on pitkät perinteet Suomessa ja siihen liittyy myös paljon väärää mielikuvaa. Pientalojen tulipalojen uutisoinnissa on usein maininta, kun rakennus on ollut puurakenteinen. Yleisesti ottaen massiivipuuelementti ei pala vaan sen pinta hiiltyy, erilaisilla käsittelyaineilla saadaan paloluokkaa paremmaksi.

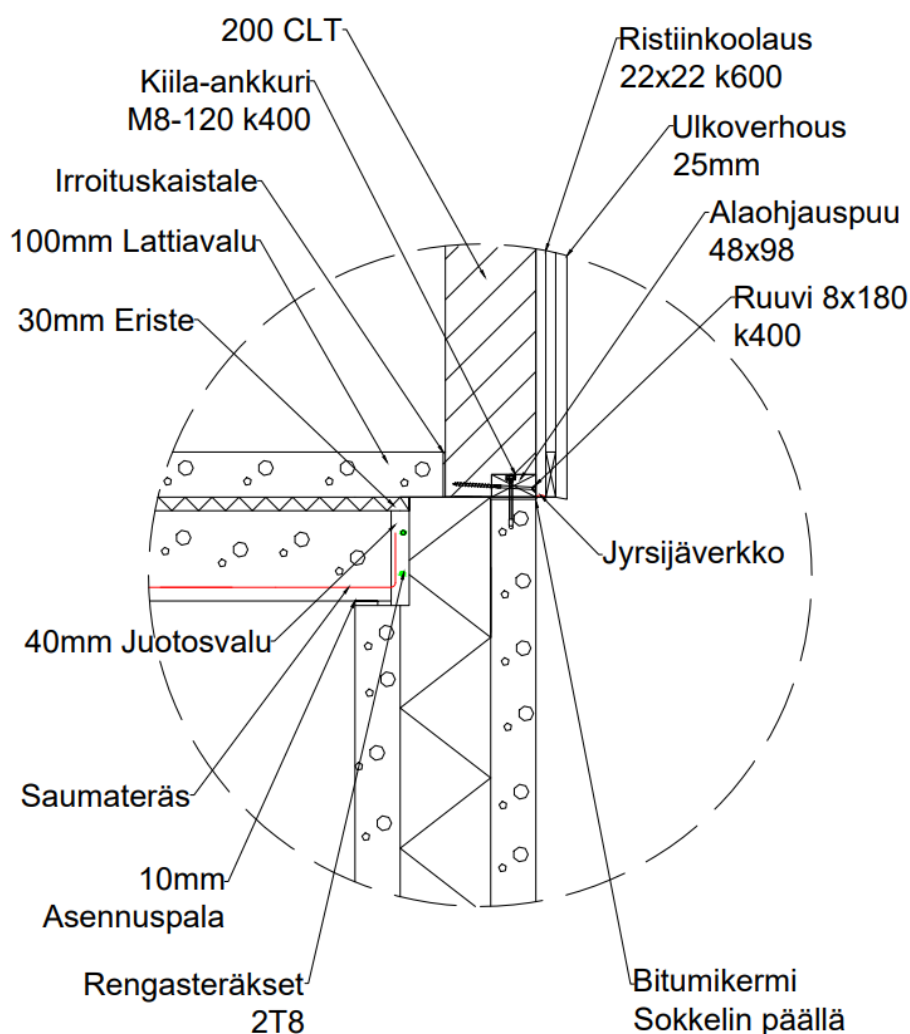
Ara (Asumisen rahoituksen ja kehittämiskeskus) toimeksianto elinkaari päästövertailulaskennasta Bionova Oy:lle tehtiin Kuninkaantammen lähes identtistä kahdesta kerrostalosta, mille suunniteltiin sama energiatehokkuus erona niiden päämateriaali eli puu ja betoni. Rakennuksilta vaadittu käyttöikä ja vertailuaika oli 100 vuotta. Kolme neljäsosaa elinkaari päästöistä syntyy energiankulutuksesta, mitkä olivat 6 % puurakenteisessa talossa alhaisemmat kuin betonirakenteisessa. Rakennusmateriaalien elinkaari päästöihin rajatessa, eli kattamaan materiaalien valmistus, kuljetus, uusiminen rakennuksen elinkaaren aikana ja loppukäsittely, olivat puurakenteisen talon päästöt noin 20 % alhaisemmat kuin betonirakennuksessa. Vertailussa ei kuitenkaan huomioitu puurakennuksen sitovan hiilidioksidia elinkaarensa ajan, eikä materiaalin uudelleenkäytön hyötyjä. (Pasanen, P 2018.)

Puurakentamisella on myös tutkittuja positiivisia terveysvaikutuksia. Puu tasaa sisäilman kosteutta ja kun sisäilman kosteus on optimaalinen haitallisten bakteerien, virusten ja homeiden määrä on alimmillaan. Puu on luonnonmateriaali, joten sen vaikutus ihmiseen voi olla samankaltainen kuin luonnossa liikkumisen ja se alentaa voi stressitasoa. Tutkimukset osoittavat myös, että puutaloissa asuu tyytyväisempiä ihmisiä kuin muista materiaaleista rakennetuissa taloissa. Puulla on miellyttävä akustiikka ja se luo rauhoittavan äänimaailman. (Crosslam 2019.)

3 CLT detalji-kirjasto

3.1 Perustuksiin liittyminen ja alapohja

Erilaisia perustus tapoja on pientaloissa monia muun muassa sokkeli eli perusmuuriperustus, laattaperustus ja pilariperustus. Nykyään monet perustukset tehdään matalaperustuksina, koska on vain maanpäällisiä kerroksia, eivätkä perustukset ulotu roudattomaan syvyyteen. Perustuksissa pitää ottaa huomioon routasuojaus, että vältetään perustuksien routavaurioilta. Alapohja on rakennuksen alin vaakaosa eli alin lattiarakenne. Alapohja voi olla maanvarainen tai kantava. Alapohjan tai perustuksien päälle tukeutuu ulkoseinä ja sen lämmönläpäisy kerroin on nykyäädöksiänsä takia tärkeä aspekti.



Kuvio 1. US kiinnitys alaohjauspuulla ulkoreunassa

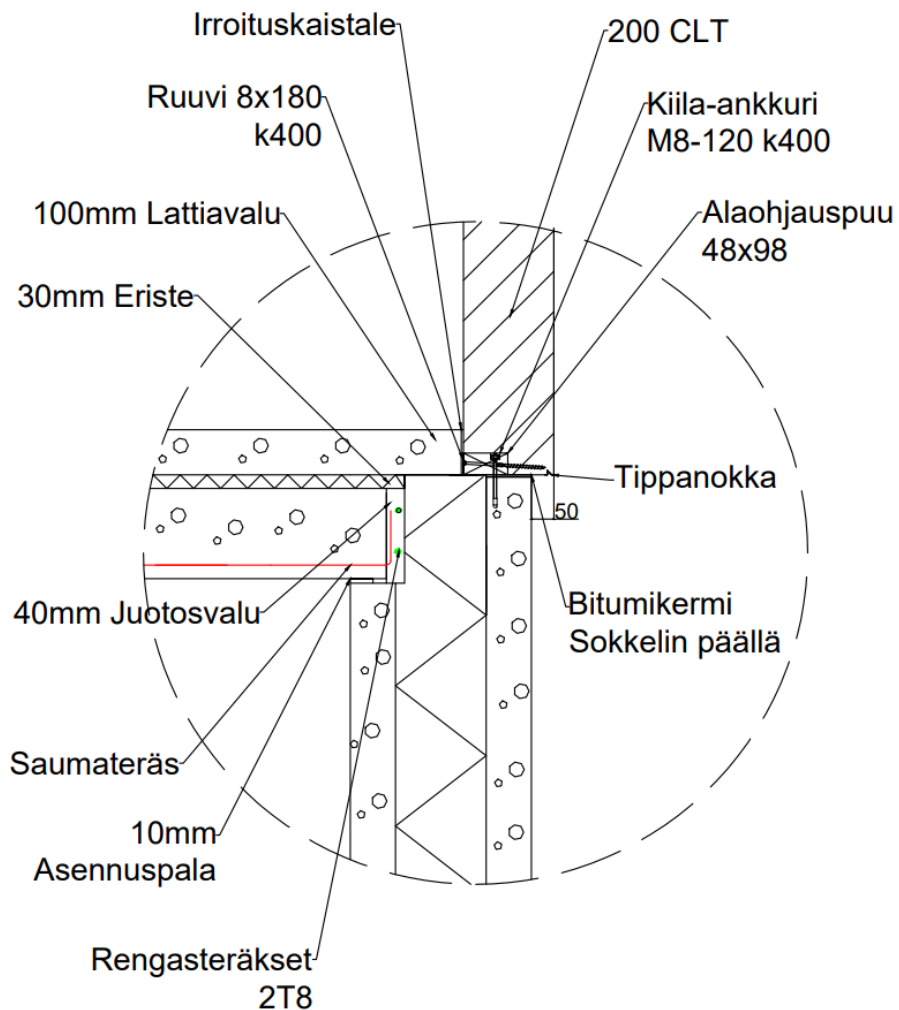
Kuvioissa 1–10 perustukset ovat 400 mm eristetyistä betonielementistä, rakenteellisesti ne voisivat myös olla eristeharkoista. Kuvioissa 1–7 alapohja on ontelolaatasta, rakenteellisesti

ne voisivat olla rankarakenteisesti palkkikengillä perustuksien kyljessä ilman perustuksissa olevaa loveusta kuten kuvioissa 8 ja 9. Kuviossa 10 alapohja on CLT:stä, jolloin massiivipuuelementti tulee perustuksien päälle. Kuvioissa 1–7 on mitoitettu 10 mm asennuspala ontelolaattojen alle pienien sokkelin mittatarkkuusvirheiden takia, milloin ontelolaattoja asentaessa kiilaaminen riittää ja saadaan ontelolaatat mittatarkasti asennettua. Kuvioiden 1–7 ontelolaattojen juotosvalu tulee tukea harjateräksillä ja ontelolaattojen väleihin tulee saumateräkset.

Kuvioissa 1–10 on bitumihuopa tai solukaista sokkelin ja ulkoseinäelementin välissä, mikä toimii kosteus- ja kapillaarikatkona. Kaikkiin rakenteisiin voidaan asentaa ulkoverhous ja ulkoverhouksen suunnan voi valita pysty- tai vaakasuoraan. Kuvioissa 1–7 on irrotuskais-tale CLT-elementin ja lattiavalun välillä, mikä toimii kosteuskatkona valun aikaiselle kosteu-delle ja vähentää lämpölaajenemisen vaikutuksia lattiavalussa, jos lattiavalu on iso siinä pitää olla myös erillisiä liikuntasauvoja. Kuvioissa 1–7 ja 10 on 30 mm:n eriste joka toimii myös irrotuskais-taleen tavoin ja parantaa kelluvan lattiavalun kestävyyttä ja monesti lattia-valuihin tulee lattialämmitys ja se vähentää myös lämpöhukkaa ja -johtumista rakenteiden kesken.

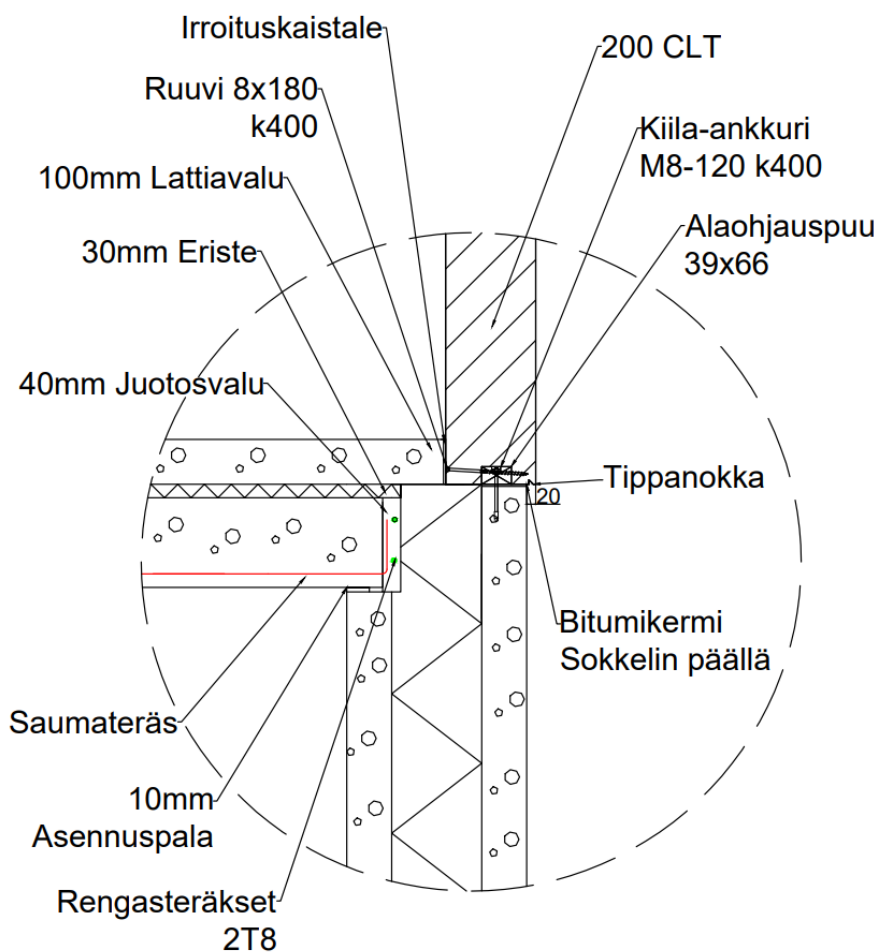
Kuvioissa 2–5 voidaan tippanokka tehdä tehtaalla valmiiksi tai työmaalla, milloin tippanokka varmasti kulkee koko rakennuksen ympärillä samassa linjassa. 20 mm on tippanokalle hyvä minimimitta. Kuvioissa 1–8 ja 10 tulee alaohjauspuun ja CLT-elementin välinen liitos tiivistää liimamassalla tai tiivistysnauhalla, kuten myös CLT-elementtien väliset liitokset.

Kuviossa 1 alaohjauspuu on voitu kiinnittää perustuksen ulkoreunaan, koska siinä on ulko-verhous, joka peittää ulkoreunassa olevan alaohjauspuun ja muut elementtien liitosruu-vaukset ulkopuolelta, eikä niitä tarvitse tapittaa. CLT-elementin ulkolinja voi olla kuvion mu-kaisesti perustuksen ulkolinjan kanssa tasassa, koska ulkoverhous tekee tippanokan ra-kenteeseen. CLT-elementti ei tarvitse ulkoverhousta vaan se voidaan käsitellä hengittä-väksi erilaisilla puu-öljyllä, mutta monien rakennusalueiden ulkoverhous on kaavoitukseen sisällytetty.



Kuvio 2. US kiinnitys alaohjauspuulla sisäreunassa

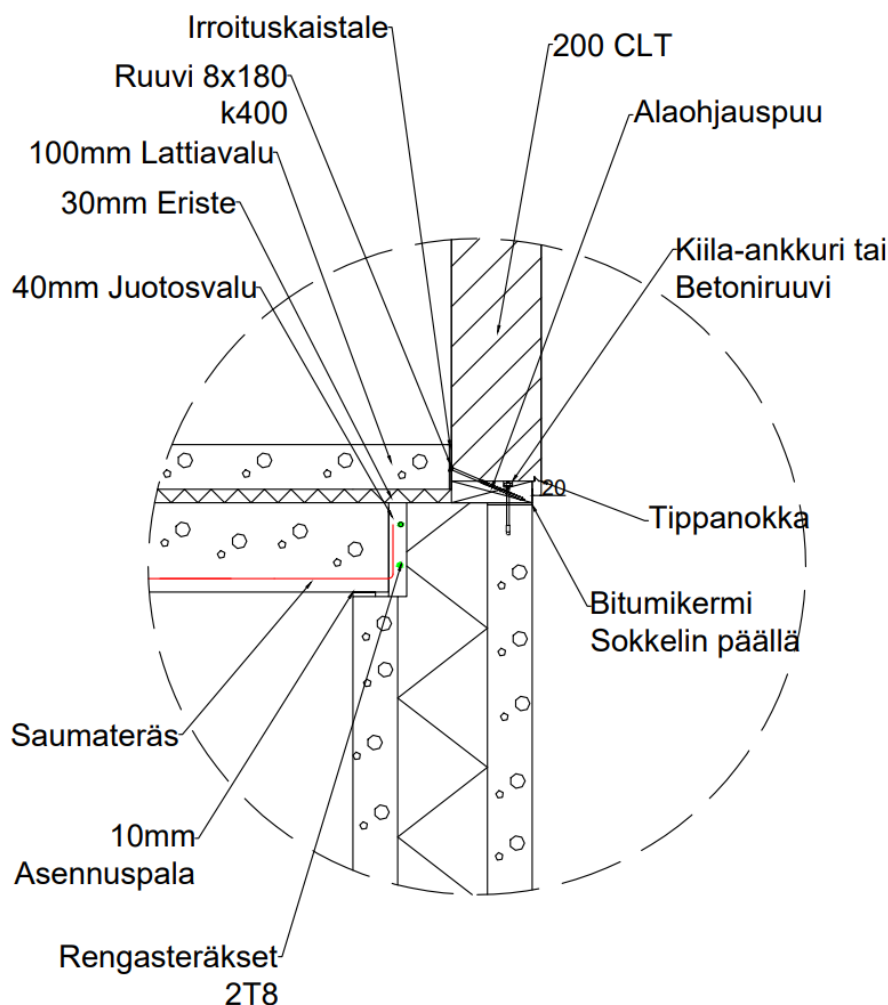
Kuviossa 2 alaohjauspuu on sisäreunassa ja tippanokkaa on suurennettu, että alaohjauspuu on tarpeeksi kantavan sokkeliosan päällä ja saadaan kiinnitettyä sokkeliin tukevasti niin ettei sokkeli lohkeile alaohjauspuuta kiinnittäessä siihen. Sokkelin lohkeilu on kuitenkin kuvion mukaisessa rakenteessa riski ja alaohjauspuu olisi hyvä olla jopa isompi kuin 48x98 mm, koska alaohjauspuun ollessa sisä- tai ulkoreunassa sille voidaan tehdä loveus CLT-elementtiin sahaamalla. Alaohjauspuu on kuviossa hyvä sijoittaa sisäreunaan, koska ei ole ulkoverhousta ja ruuvauksen saa sisäpuolelta tehtyä niin että se jää irrotuskaistan ja lattiavalun alle piiloon.



Kuvio 3. US kiinnitys alaohjauspuulla keskeltä

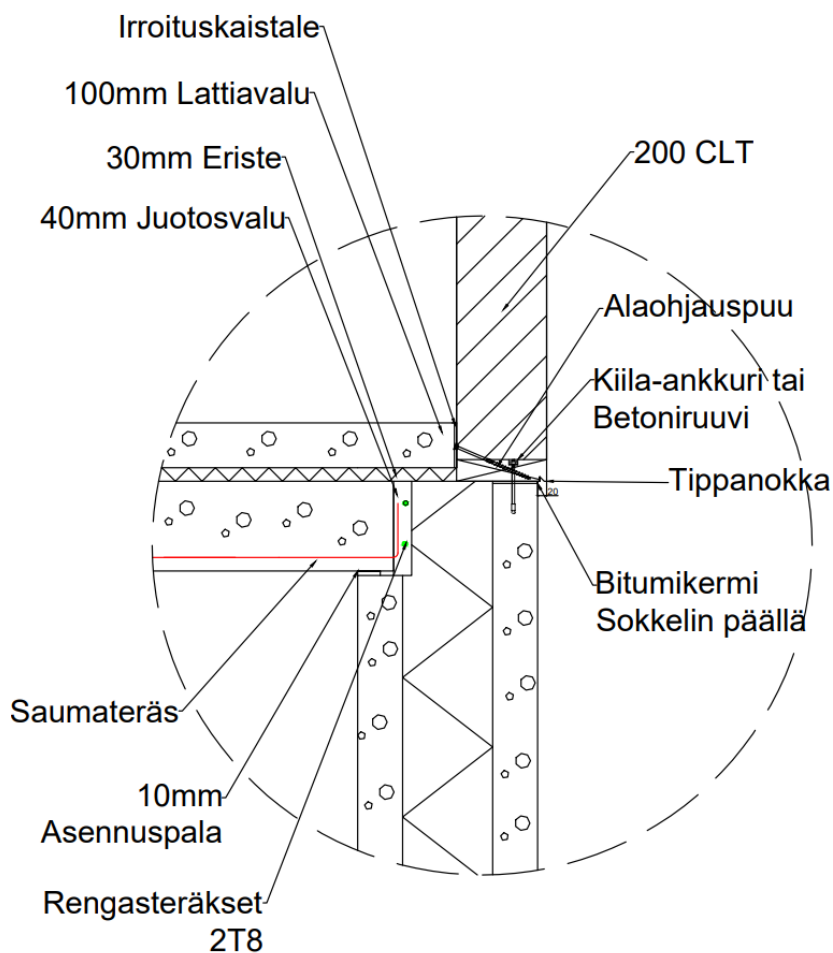
Kuviossa 3 alaohjauspuu on keskellä CLT-elementtiä ja se on hyvä sijoittaa keskelle, koska ei ole ulkoverhousta ja ruuvauksen saa sisäpuolelta tehtyä niin että se jää irrotuskaistan ja lattiavalun alle piiloon. Kuvion mukaisessa tapauksessa on jopa turhaa sijoittaa alaohjauspuu keskelle koska alaohjauspuu ja ruuvaus jäävät piiloon, koska CLT-elementtiin on pakko jyrsiä kolo tehtaalla ja se on kalliimpaa tehdä kuin alaohjauspuun ollessa sisä- tai ulkoreunassa. Kun alaohjauspuu on keskellä kummallekaan puolelle ei jää näkyvää alaohjauspuuta ja ruuvauksen näkyviin jäädessä ilman ulkoverhousta sen voisi tapittaa tai peittää sisäpuolella pienellä listalla.

Kuvio 4. Salattu



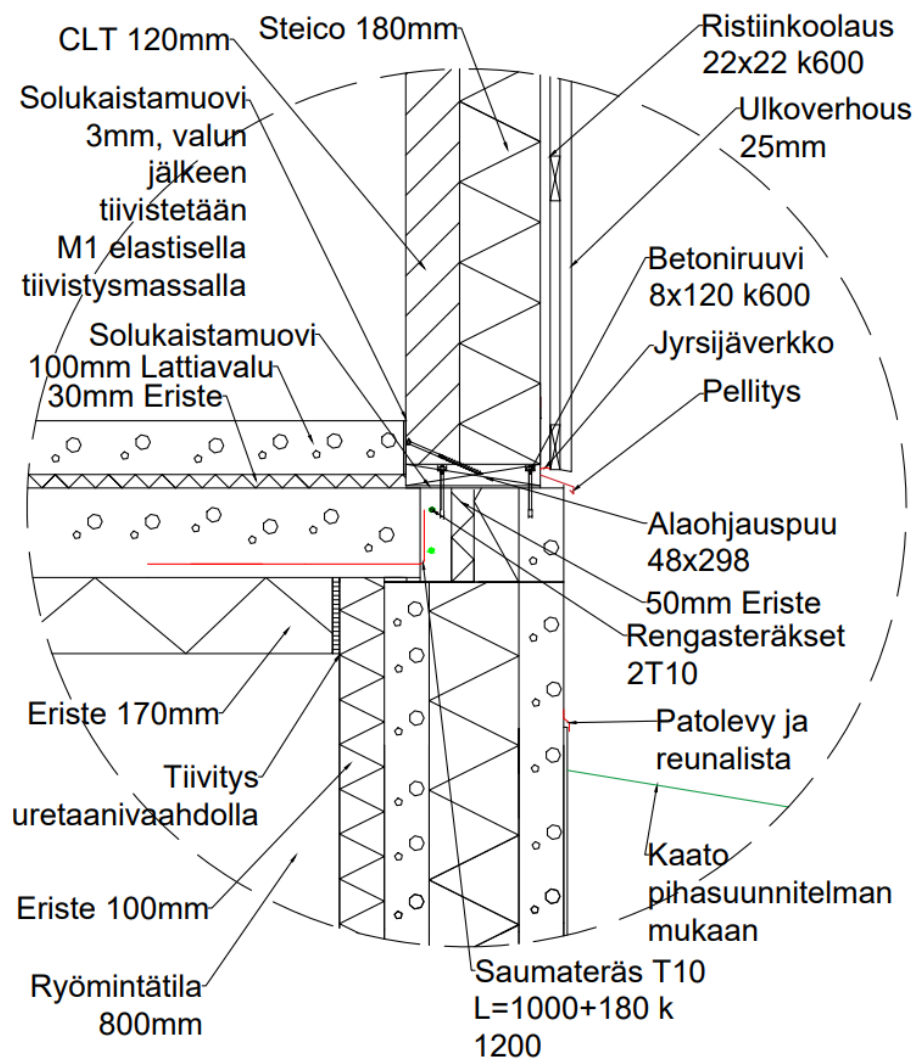
Kuvio 5. US kiinnitys leveällä alaohjauspuulla

Kuviossa 5 alaohjauspuu on leveänä CLT-elementin sisälinjasta sokkelin ulkoreunaan vain tippanokan osuudella ei ole alaohjauspuuta. Ruuvaus on hyvä tehdä sisäpuolelta viinosti niin että se jää irrotuskaistan ja lattiavalun alle piiloon. Ruuvilla saadaan vedätettyä elementti alaohjauspuun kanssa oikeaan linjaan ja ristimitaan, asennuksen aikana voidaan apuna käyttää myös sisäpuolella ohjausta avustavaa tukea. Ulkopuolella alaohjauspuu olisi hyvä maalata ja se kannattaa maalata samanväriseksi kuin sokkeli jos se maalataan. Jos alaohjauspuu maalataan samanväriseksi kuin CLT-elementti, se saattaa näkyä oudosti, mutta ollessa lähellä maata se ei näy paljoa eikä sen värillä ole niin paljon merkitystä. Jos sisäpuolella oleva rakenne jää näkyviin CLT-elementtien lamellit olisi hyvä olla sisäpuolella vaakasuorassa, milloin alaohjauspuu ei erottuisi niin paljoa ja se tulisi ruuvata silloin ulkopuolelta ja tapittaa. Leveällä listalla sisäpuolella voidaan myös piilottaa alaohjauspuu, milloin ruuvauksen voi tehdä myös sisäpuolelta.



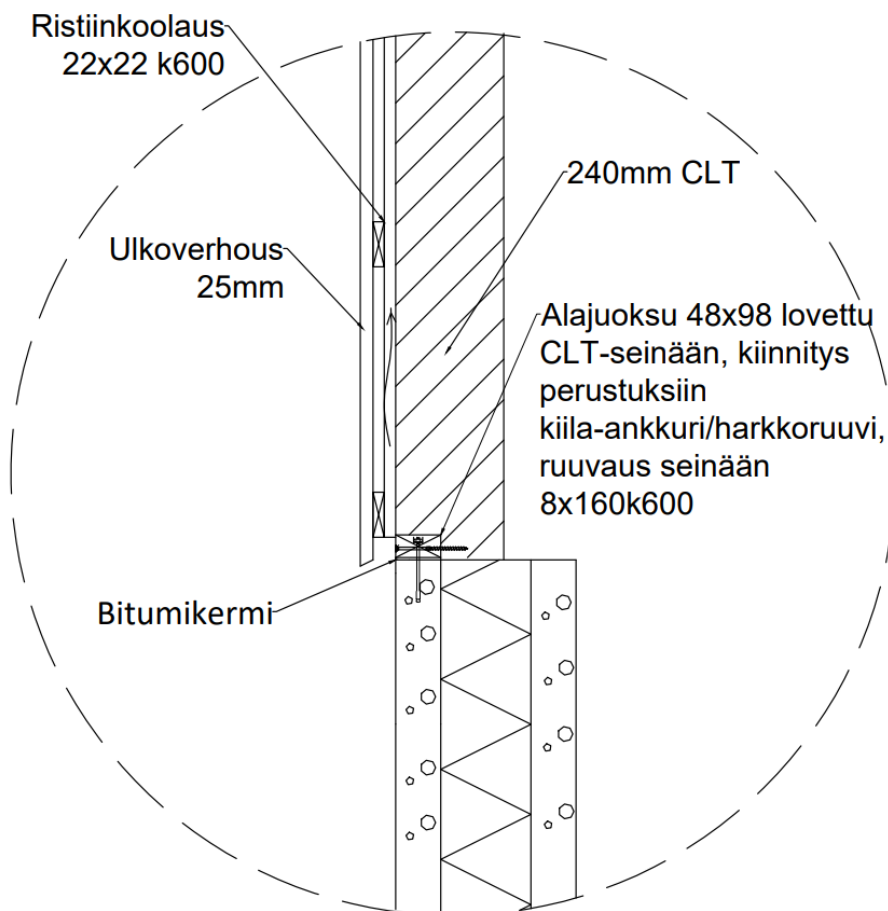
Kuvio 6. US kiinnitys elementin levyisellä alaohjauspuulla

Kuviossa 6 alaohjauspuu on koko CLT-elementin leveydellä ja siinä on tippanokka. Ruuvaus on hyvä tehdä sisäpuolelta vinosti niin että se jää irrotuskaistan ja lattiavalun alle piiloon. Ruuvilla saadaan vedätettyä elementti alaohjauspuun kanssa oikeaan linjaan ja ristimitaan. Asennuksen aikana voidaan apuna käyttää myös sisä- tai ulkopuolella ohjausta avustavaa tukea. Alaohjauspuu maalataan samanväriseksi kuin CLT-elementti ulkopuolelta, ulkopintojen lamellit olisi hyvä olla vaakasuorassa. Jos rakenteeseen tulee ulkoverhous CLT-elementti ja alaohjauspuu voivat olla ilman tippanokkaa sokkelin kanssa samassa linjassa. Jos sisäpuolella oleva rakenne jää näkyviin CLT-elementtien lamellit olisi hyvä olla sisäpuolella vaakasuorassa, milloin alaohjauspuu ei erottuisi niin paljoa ja ruuvata silloin ulkopuolelta ja tapittaa. Leveällä listalla sisäpuolella voidaan myös piilottaa alaohjauspuu, milloin ruuvauksen voi tehdä myös sisäpuolelta.



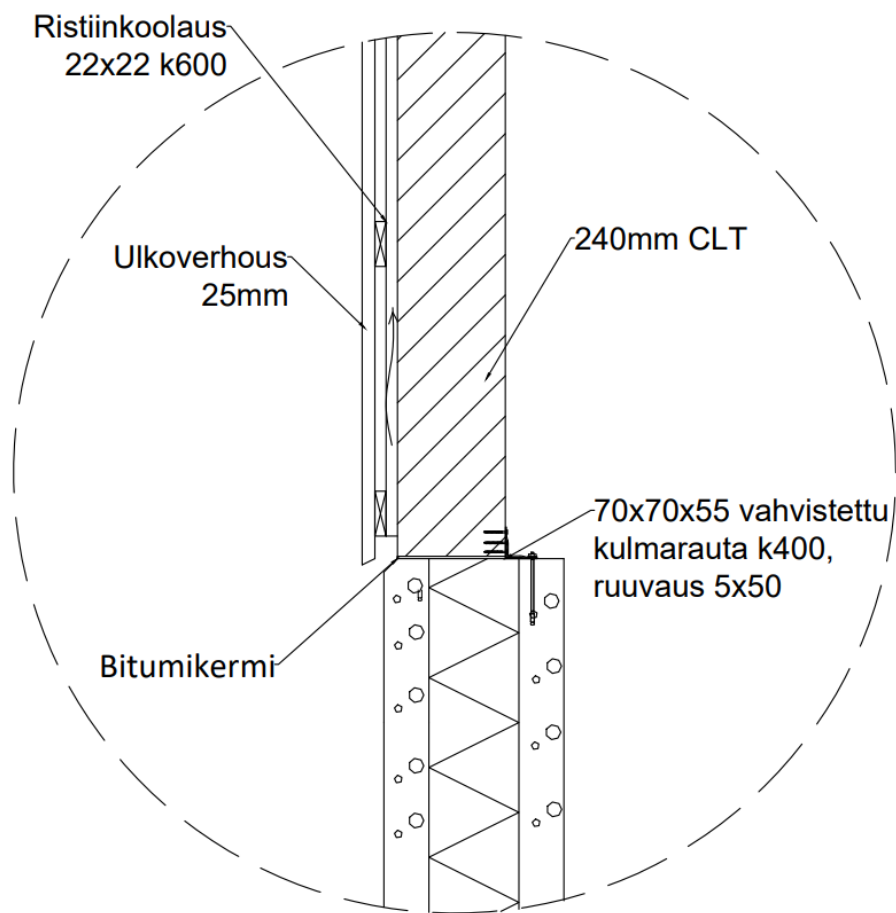
Kuvio 7. US kiinnitys, lisäeristys ja ulkoverhous

Kuviossa 7 alaohjauspuu on koko CLT-elementin ja Steico-lisäeristeen matkalla ja tukeutuu eristeen kummallekin puolelle, milloin ontelolaatan juotosvalu on tehtävä ensin. Ruuvaus voidaan tehdä eristeen puolelta, mutta on hyvä tehdä sisäpuolelta vinosti niin että se jää irrotuskaistan ja lattiavalun alle piiloon, koska samalla saa CLT-elementin oikeaan linjaan ja ristimitaan alaohjauspuun kanssa. Lisäeristeellinen vaihtoehto on erinomainen, kun CLT:n kantokyky riittää rakenteessa ohuempana ja lisäeristeellä saadaan lämpöläpäisykerrointa eli U-arvoa rakenteessa paremmaksi. Ulkoseinä rakenteen voi tehdä myös sandwich-elementtinä. Kuvion rakenteessa on myös lisäerityssä alapohjassa ja sokkelissa. Patolevy on hyvä asentaa aina kun sokkeli on perusmaan kanssa kosketuksessa. Patolevy asennetaan maanpinnan yläpuolelta ja se on hyvä asentaa perustuksien alapintaan asti, koska se toimii kapillaarikatkona ja estää veden johtumisen maasta rakenteeseen. Reunalista estää patolevyn ja sokkelin väliin sadeveden valumisen.



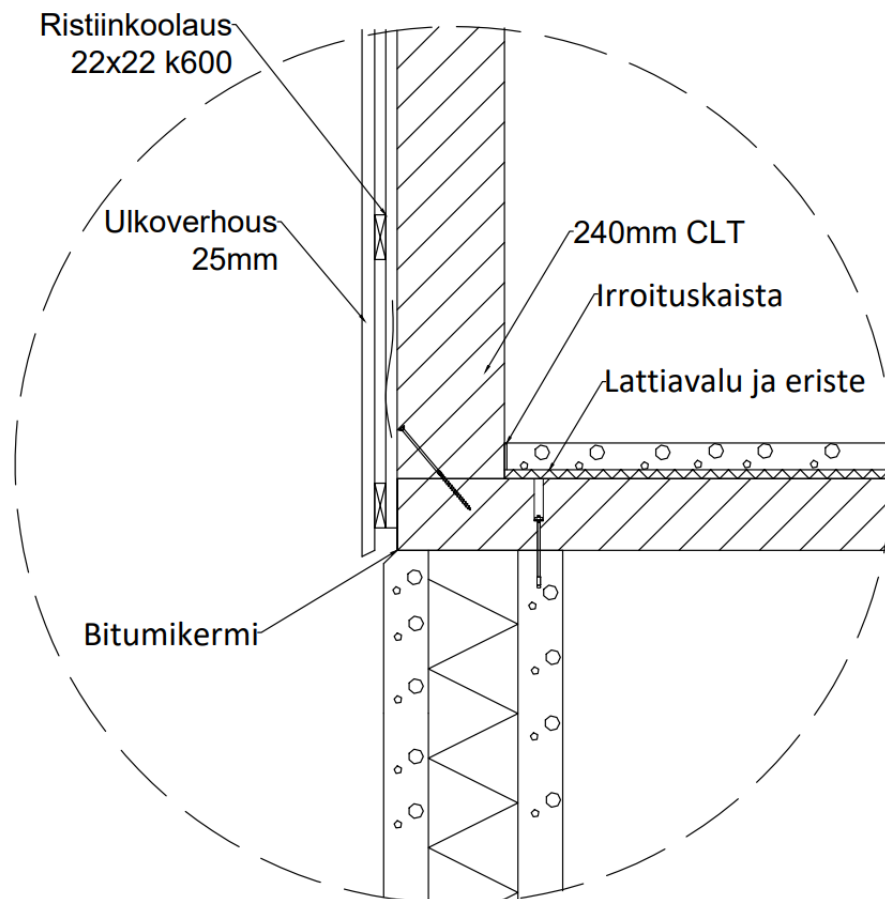
Kuvio 8. US kiinnitys alaohjauspuulla ulkopuolella ja ulkoverhous

Kuviossa 8 on hyvin samanlainen rakenne kuin kuviossa 1, mutta kuviossa 8 on paksumpi CLT-elementti. Kuvion 1 tapaisesti kuviossa 8 pitäisi olla ulkoverhouksessa alapuolella myös jrsijäverkko, joka estää hyönteisten ja muiden eläimien pääsyn koolauksen väliin ja tekemästä sinne pesää ja tuhoamasta rakennetta. Alaohjauspuu on hyvä ruuvata ulkopuolelta, koska se jää ulkoverhouksen alle piiloon. Ulkoverhous voi alkaa myös alemmaa kuvion 1 mukaisesti. Ulkoseinän ruuvauksen voi tehdä sisäpuolelta, jos se jää lattiarakenteen alle piiloon, lattiarakennetta suunnitellessa on huomioitavaa, ettei synny kylmäsiltoja.



Kuvio 9. US kiinnitys kulmaraudalla ja ulkoverhous

Kuviossa 9 sokkelin yläreunaan on tehty viiste, että mahdollinen vesi valuu alas ja on saata ja samalla elementti siirtyy sisemmäksi, milloin sisäpuoli voidaan kiinnittää kulmaraudalla. Kulmarauta kannattaa kiinnittää oikeaan linjaan ja ristimitaan ennen elementti-asentamista. Kulmaraudan avulla CLT-elementti tukeutuu sokkelin eristeen kummallekin puolelle. Kuvion 1 tapaisesti kuviossa 9 pitäisi olla ulkoverhouksessa alapuolella, myös jysijäverkko, joka estää hyönteisten ja muiden eläimien pääsyn koolauksen väliin ja tekevästä sinne pesää ja tuhoamasta rakennetta. Kulmarauta on hyvä kiinnitys tapa, ei kuitenkaan yhtä tukeva ja ohjaava asennuksen aikana kuin alaohjauspuu. Kulmarauta on syytä piilottaa lattiarakenteen alle. Lattiarakennetta suunniteltaessa on huomioitavaa, ettei synny kylmäsiltoja.

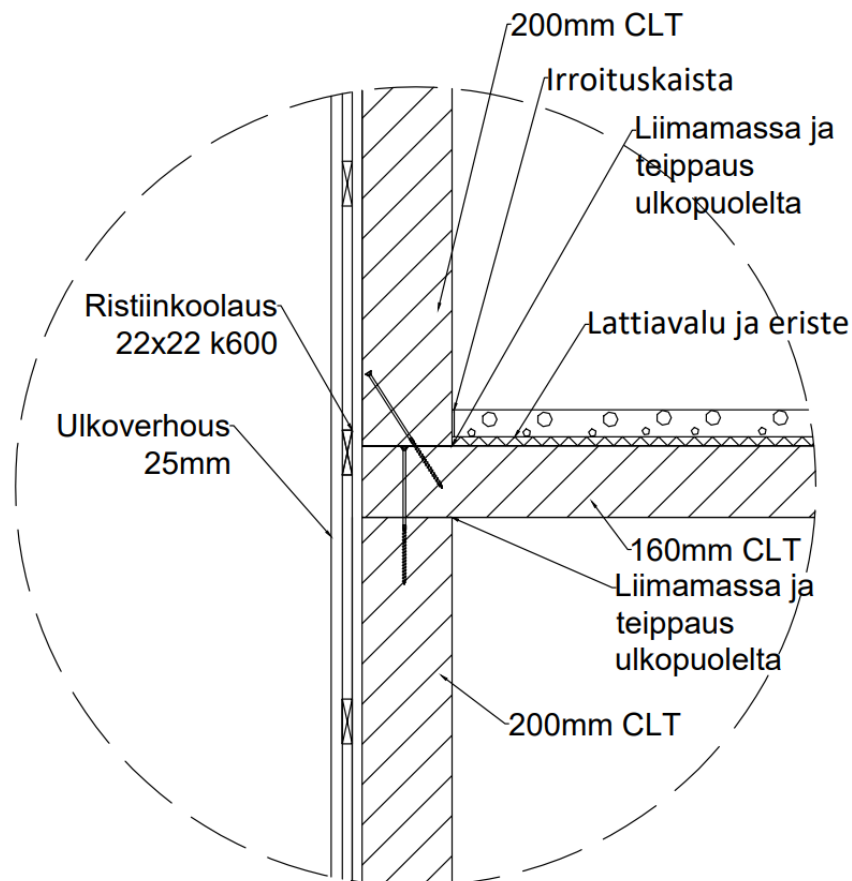


Kuvio 10. US kiinnitys CLT-alapohjaan ja ulkoverhous

Kuviossa 10 alapohja on CLT:stä ja kiinnitetty suoraan perustuksiin, milloin CLT-seinät voidaan ruuvata oikeaan linjaan ja ristimitaan alapohjan ulkolinjojen mukaan. Ulkoseinäverhous suojaa CLT-alapohjaa ja piilottaa ruuvauksen ulkopuolelta. Ulkoverhouksen alareunaan tulee aina jyr sijäverkko, joka estää hyönteisten ja muiden eläimien pääsyn koolauksen väliin ja tekemästä sinne pesää ja tuhoamasta rakennetta. Perustuksiin ei ole pakollista tehdä viistettä ulkopuolelle, mutta perustuksen pienien heittojen takia se on hyvä ratkaisu. Ilman viistettä perustuksessa CLT-alapohjan ruuvaus voidaan tehdä ulkopuoliseen perustuksen kantavaan osaan, eikä ruuvausta tarvitse peittää lattia valulla.

3.2 Välipohja

Välipohjan tulee olla kestävä ja jäykkä lattiarakenne. Välipohjaa voidaan jäykistää lattiakipsilevyillä, kipsivalulla tai kelluvalla valulla. Kelluva lattia eli eristeen päälle tai muun rakenteet erottavan rakenteen päälle tuleva lattiavalu parantaa askeläänieristystä ja voidaan pinnoittaa monilla ei tuotteilla.



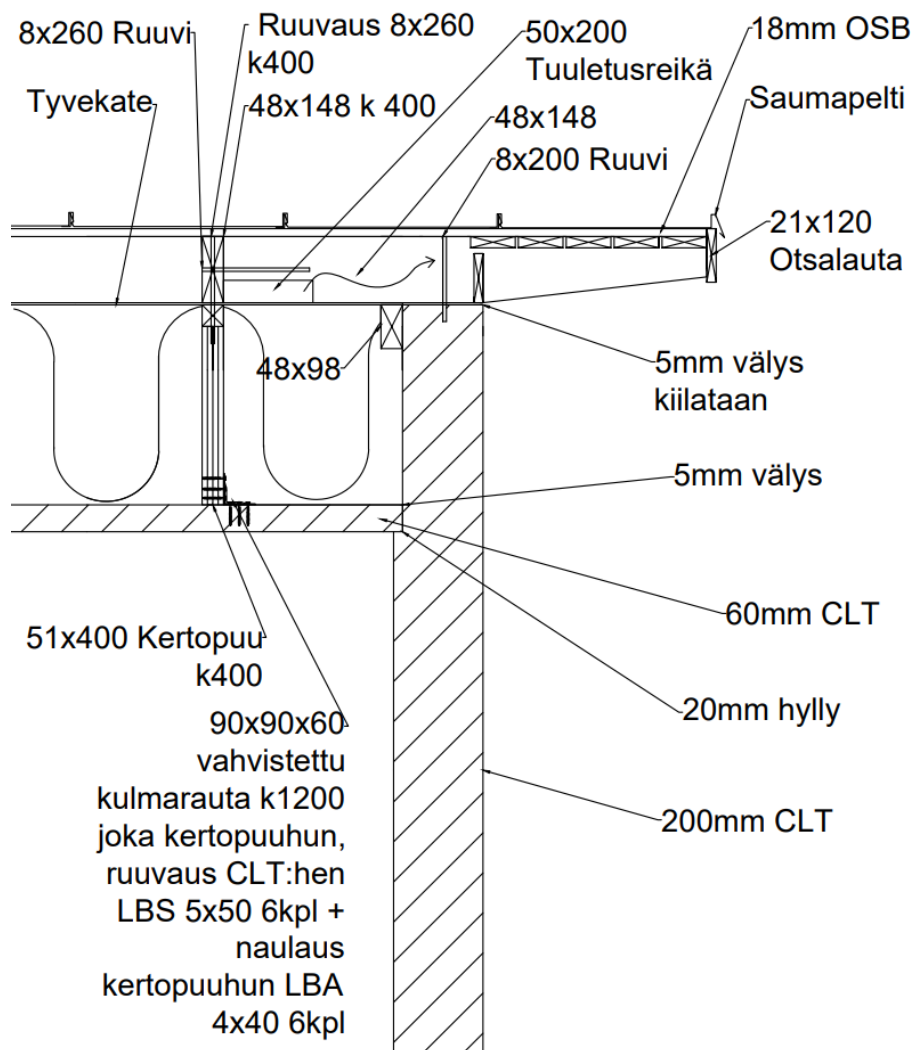
Kuvio 11. US kiinnitys CLT-välipohjaan ja ulkoverhous

Kuviossa 11 välipohja on CLT:stä ja ruuvattu suoraan alemman kerroksen ulkoseiniin ja välipohjan ollessa oikeankokoinen ulkoseinien ja ristimitan kanssa voidaan ylempi kerros ruuvata suoraan siihen oikeaan linjaan ja ristimitaan. Ulkoverhous suojaa CLT-välipohjaa ja piilottaa ruuvauksen ulkopuolelta. CLT-elementtien väliset saumat tulee liimata ja tiivistää huolella ja teipata höyrynsulkuteipillä saumat ulkopuolelta, ettei CLT-elementtien väliin pääse kosteutta. Lattiavalu ei ole pakollinen, mutta se jäykistää ja parantaa akustisia ominaisuuksia lattiassa. CLT-välipohja ilman ulkoverhousta seinäelementteihin jyrittäisiin kolo mihin se uppoaisi tai jättää ulkopinnasta vajaaksi ja laudoittaa väli täyteen, milloin ulkolamellien suunta olisi hyvä olla vaakasuunnassa. Välipohjan voisi tehdä myös pitkästä tavarasta rankarakenteella, milloin ulkoseinien ei tarvitse katketa välipohjan kohdalla vaan se voitaisiin tehdä CLT-elementtien sisäpintaan.

3.3 Yläpohja

Yläpohjarakenne muodostuu yleensä kantavasta rakenteesta, ilmansulusta, höyrynsulusta, lämmöneristyksestä, vedeneristyksestä ja toimivasta tuuletuksesta. Yläpohjan rakenteisiin

ei saa kertyä liikaa kosteutta, joka ei pääse kuivumaan. Tuulettuvat yläpohjat olisi hyvä aina rakentaa ristiin tuulettuviksi. Lappeen suuntaisesti lämmöneristetyt harjakatot tuuletetaan räystäältä, harjalta ja päädyistä. (Sisäilmayhdistys 2008.)



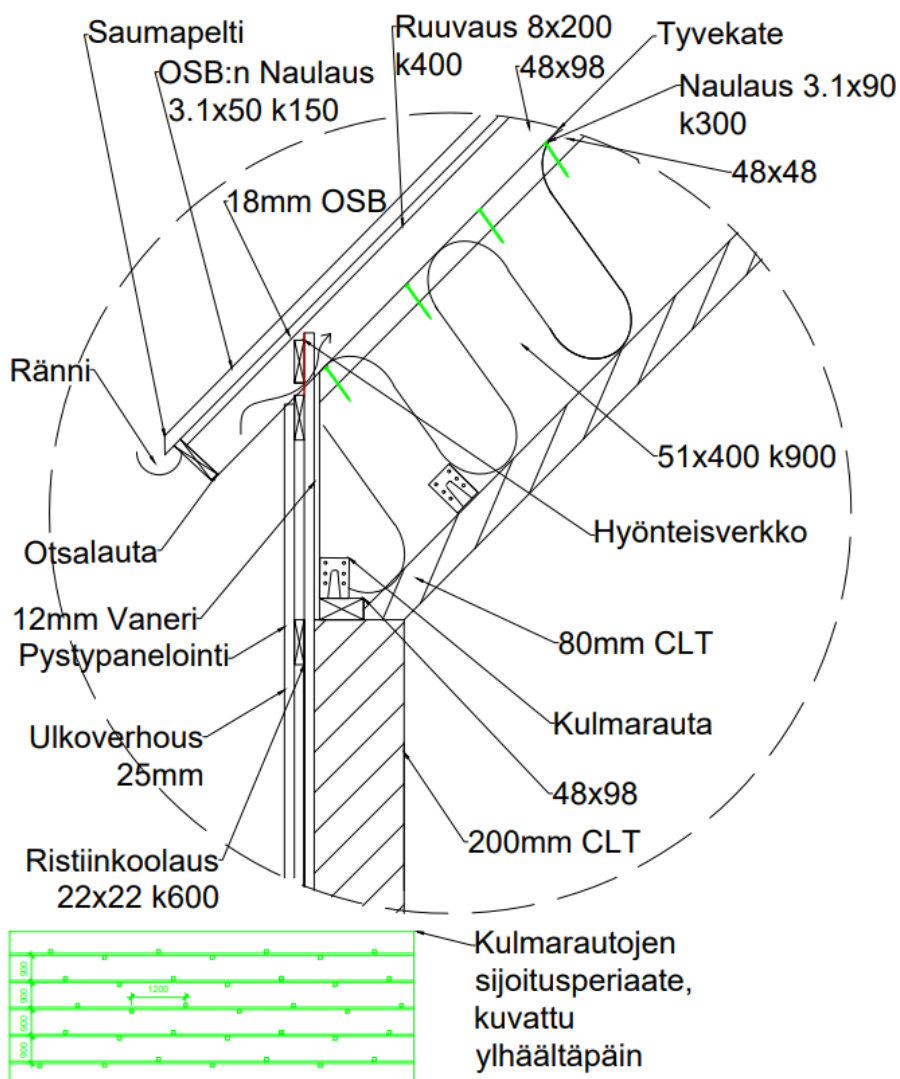
Kuvio 12. Sivuräystä

Kuvioissa 12, 16 ja 17 on 60 mm CLT-yläpohja, mutta kannattaa käyttää 80 tai 90 mm CLT-elementtiä kuvioiden 13–15, 18 ja 19 mukaan sen ollessa neliöltä melkein samanhintaista, mutta tukevampaa rakenteelta ja tehtaan intresseissä on tehdä mahdollisimman vähän 60 mm CLT, joten sen saatavuus on myös heikompi. Kuvioissa 12–19 kuvioissa yläpohjan rakenne koostuu 51 x 400 mm kertopuupalkkeista, joka on kiinnitetty kuvioiden 13–17 kulmarautojen sijoitusperiaatteen mukaisesti. Yläpohja rakenne voidaan tehdä elementteinä maassa valmiiksi ennen katolle nostoa, ettei CLT-yläpohja jää notkolle. Kuvioissa 15 ja 19 on suoraan 51 x 400 mm kertopuupalkkien päälle laitettu tyvekate eli aluskate ilman 48 x 48 mm rimaa kuten kuvioissa 12–14 ja 16–18, missä rimalla on saatu lisää eristetilaa

rakenteeseen. Yleensä rakenteissa käytetään puhallusvillaa, mutta se on asiakkaan päätös, mitä materiaalia haluaa suosia. Aluskate on tuulen- ja vedenpitävä.

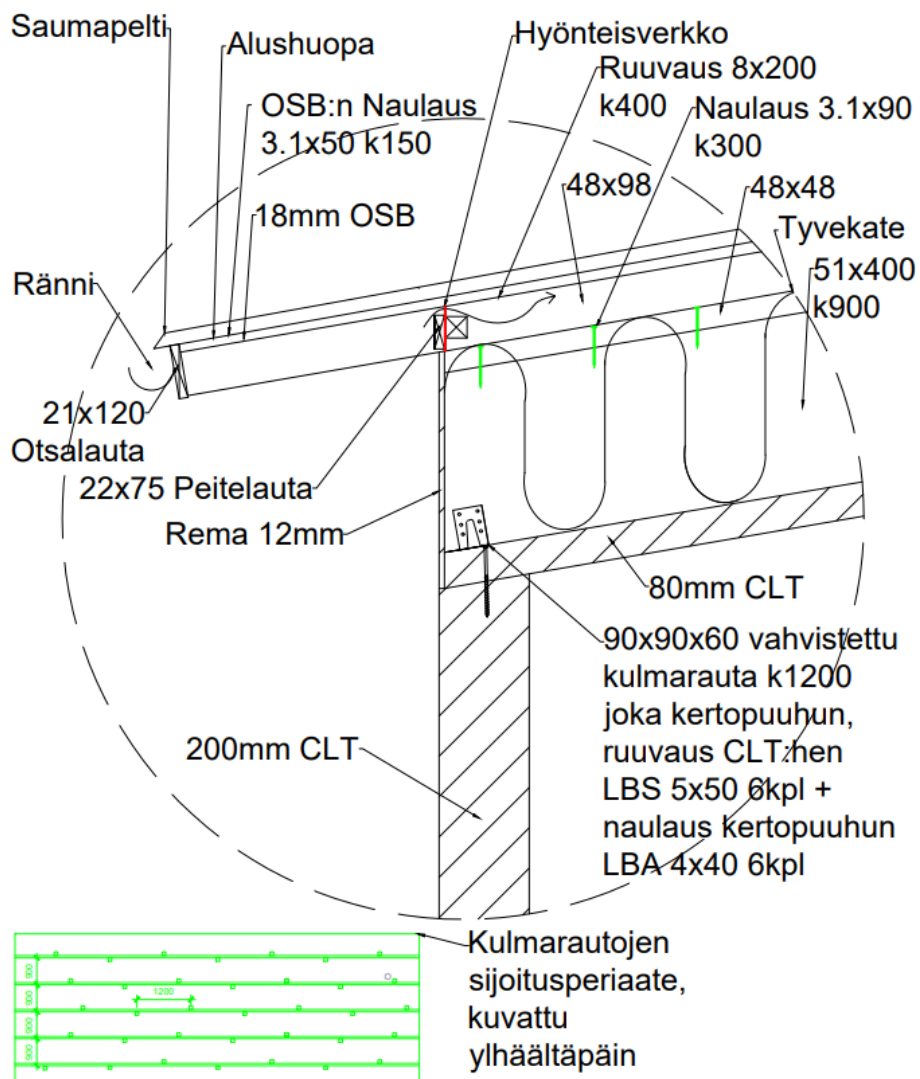
Kuvioissa 12–19 aluskatteen päälle asennetaan 48 x 148 tai 48 x 98 laudat halutun tuule-
tustilan ja tai räystäsrakenteen mukaan, laudat kiristävät aluskatteen ja muodostavat tuule-
tusväliä. Näiden lautojen päälle asennetaan OSB-levy (Oriented Strand Board) eli suunnattu
suurlastulevy ja sen päälle voidaan asentaa alushuopa, milloin rakennus on sadesuojassa
ja voi jäädä odottamaan peltikaton asentamista. Kaikkiin rakenteisiin voidaan asentaa ulko-
verhous ja ulkoverhouksen suunnan voi valita pysty- tai vaakasuoraan. CLT-seinän päälle
on helppo laittaa myös kattoristikko rakenne ja kattoristikko rakenteeseen voidaan kiinnittää
kulmarauhoilla kuvion tapaisesti CLT-yläpohja. Kattoristikko rakenteissa sisäpuolen katto
tulee yleensä vaakasuoraan.

Kuviossa 12 näkyy sivuräystä mitä on kevennetty, että otsalaudasta ja räystästä on saatu
sirompi. Ulkoseinään on jyrskitty 20 mm kolo 60 mm CLT-yläpohjaa varten, että se on hel-
pompimpi ilma tiivistää ja saumaa ei jää niin paljon näkyviin. 60 mm CLT-yläpohjan ja ulkosei-
nän välissä on 5 mm väly, ettei yläpohja pakota ulkoseiniä väärään linjaan ja ristimitaan,
sen ollessa samalla myös helpompi asentaa. Sivuräystä on tuulettuva ensimmäiseen lap-
peen suuntaiseen tuuletustila lautaan, joka tuo rakenteeseen jossain määrin ristiin tuulettu-
vuutta. Koska rakenteessa on OSB-levy ei otsalaudan lisäksi ole pakko tehdä räystä-
laudoitusta, jos OSB-levy maalataan.



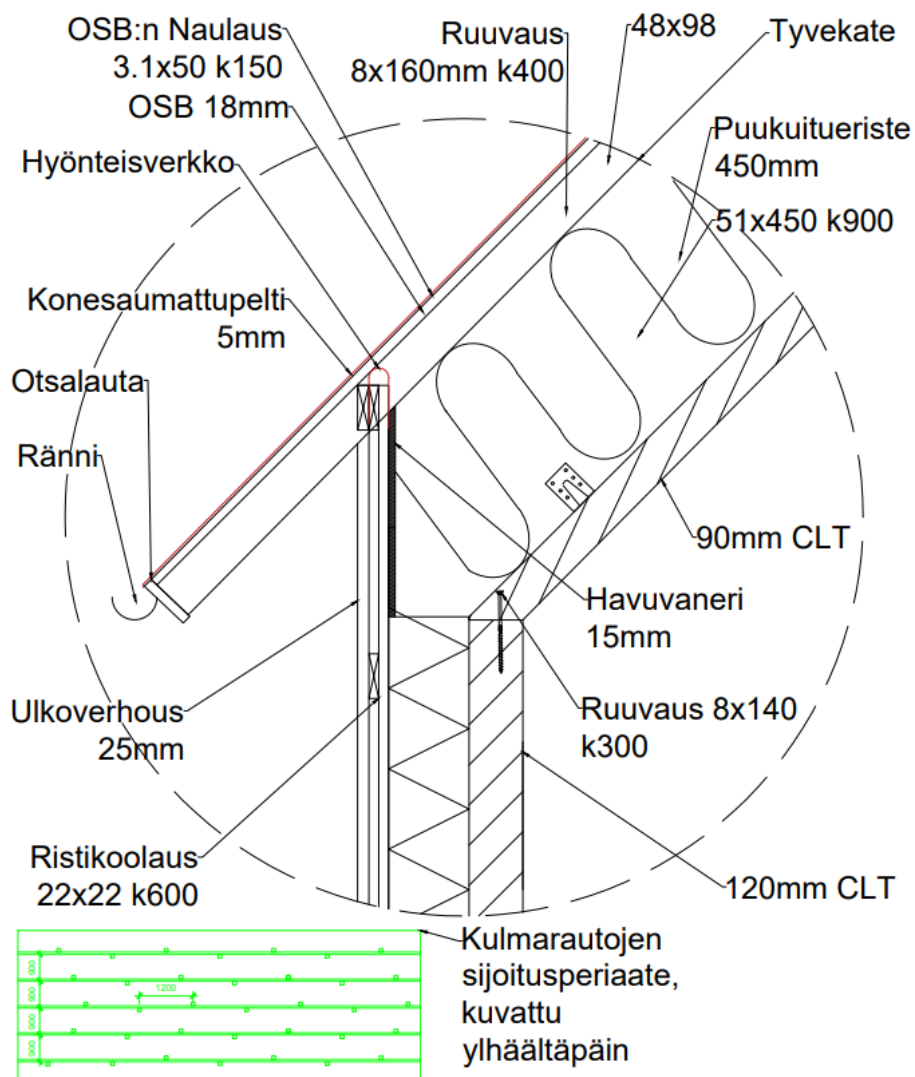
Kuvio 13. Kattodetalji räystääs 45 astetta

Kuviossa 13 on 45 asteen alaräystä ulkoverhoilulla. CLT-seinän päälle on laitettu 48 x 98 alaohjauspuu, mihin 80 mm CLT-yläpohja tukeutuu. 51 x 400 kertopuupalkkeihin on kiinnitetty kulmaraudalla 48 x 98 alaohjauspuuhun ja 80 mm CLT-yläpohjaan kulmarautojen sijoitusperiaatteen mukaan. Ulkoverhouksen koolauksen, 51 x 400 kertopuiden ja 48 x 48 mm riman välissä on 12 mm vaneri, joka estää 51 x 400 kertopuupalkkien ja 48 x 48 mm riman välissä olevan eristeen valumisen. Ulkoverhouksen yläreunassa on tuuletus rako ja ulkoverhouksen yläreunaan tulee myös jyrsiä-/hyönteisverkko, joka estää hyönteisten ja muiden eläimien pääsyn koolauksen väliin ja tekemästä sinne pesää ja tuhoamasta rakennetta.



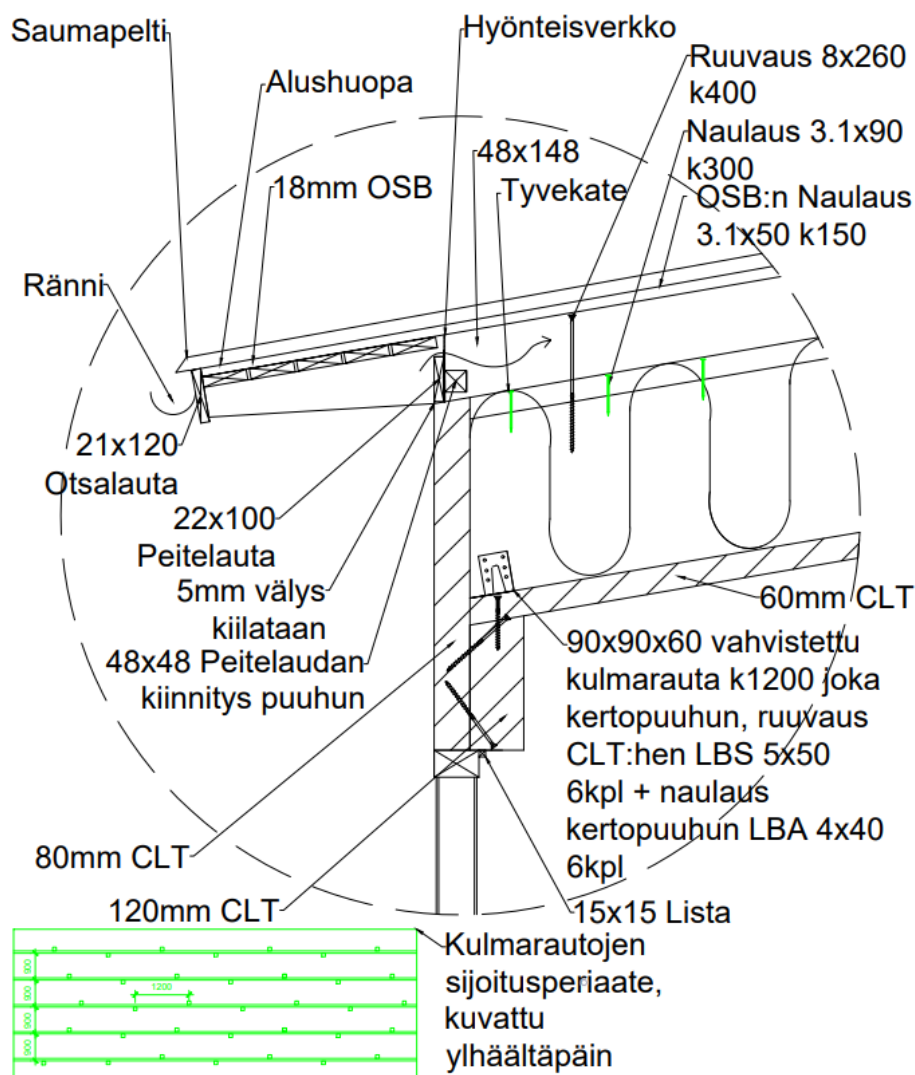
Kuvio 14. Kattodetalji räystäs loiva kattokulma

Kuviossa 14 on kattodetalji alaräystään loivasta kattokulmasta ilman ulkoverhousta. CLT-seinän päälle ruuvataan suoraan 80 mm CLT-yläpohja. 51 x 400 kertopuupalkkeihin kiinnitetään kulmarautoilla 80 mm CLT-yläpohja kulmarautojen sijoitusperiaatteen mukaan. 80 mm CLT-yläpohjan, 51 x 400 kertopuupalkkien ja 48 x 48 mm riman ulkopuolella on 12 mm Rema-monikerroslevyllä, joka estää 51 x 400 kertopuupalkkien ja 48 x 48 mm riman välissä olevan eristeen valumisen ja toimii samalla CLT-seinän jatkeena. Peitelaudan ja 48 x 98 mm räystäsrakenteen väleihin asennetun 48 x 48 mm tukipalkin väliin tulee jyrsiä-/hyönteisverkko ja ne muodostavat tuuletusraon.



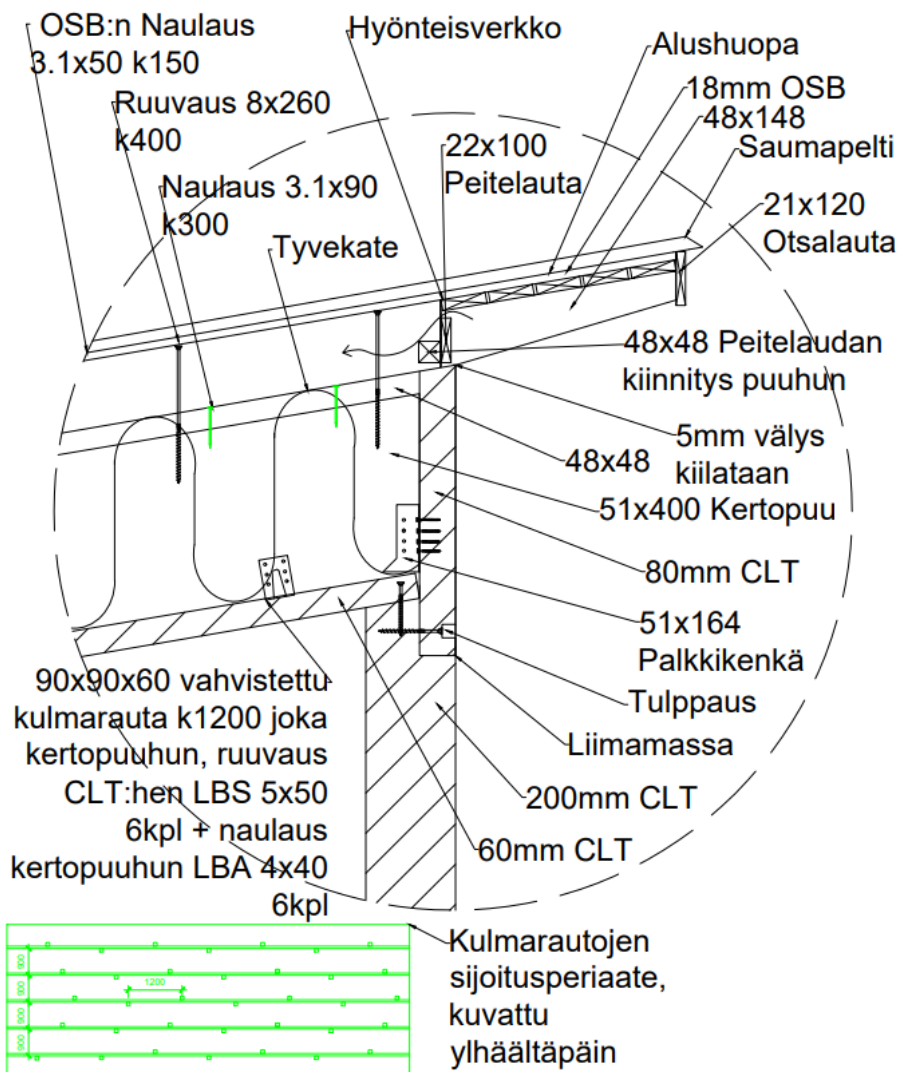
Kuvio 15. Kattodetalji räystääs 45 astetta ja lisälämmöneristys

Kuviossa 15 on kattodetalji alaräystään 45 asteen kattokulmasta lisälämmön eristyksellä ja ulkooverhouksella. 120 mm CLT-seinän päälle ruuvataan suoraan 90 mm CLT-yläpohja. 51 x 400 mm kertopuupalkkien ja ulkooverhouksen koolauksen välissä on 15 mm vaneri, joka estää 51 x 400 mm kertopuupalkkien välissä olevan eristeen valumisen. Ulkooverhouksen yläreunassa on tuuletusrako ja ulkooverhouksen yläreunaan tulee myös jyrsiä-/hyönteisverkko, joka estää hyönteisten ja muiden eläimien pääsyn koolauksen väliin. Verkko estää hyönteisiä ja eläimiä tekemästä sinne pesää ja tuhoamasta rakennetta. Lisäeristys on hyvä vaihtoehto, kun CLT:n kantokyky riittää ohuempana. Lisäeristeen kanssa lämpöläpäisykerroin on huomattavasti parempi ja halvempi kuin paksussa CLT-elementissä. Lisäeristys vaatii ulkooverhouksen tai sandwich-elementin.



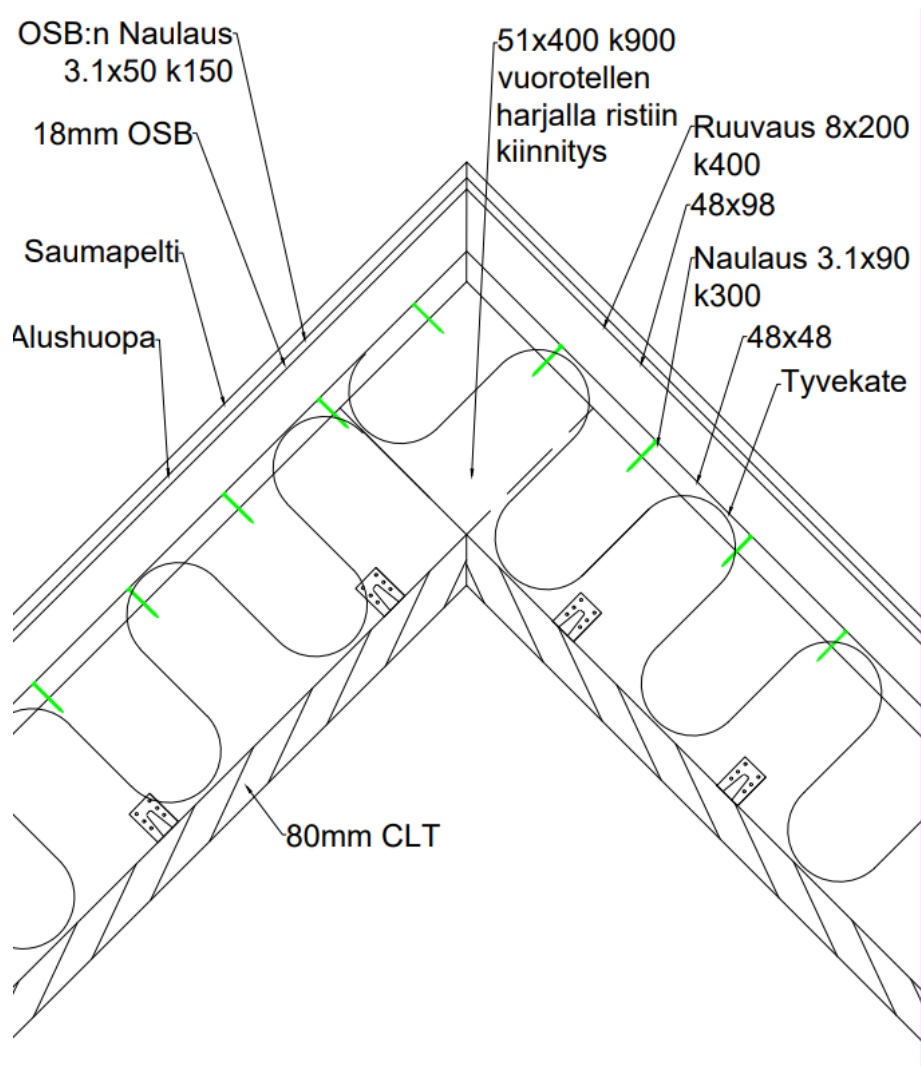
Kuvio 16. Kattodetalji alareuna ikkunanpäällinen

Kuviossa 16 on kattodetalji alaräystään ikkunan päällisestä rakenteesta. Ikkunoiden kohdalla on 120 mm CLT-palkki sisäpuolella, ettei tarvitse ulkoseinä elementtiä jyrsiä niin paljon. Rakenne on myös hyvä ilman ulkoverhousta. Yli yhden elementtikorkeuden korkeudessa seinässä ja useamman vierekkäisen ikkunan kohdalla ja ulkopuolella menee 80 mm CLT-palkki, joka estää eristeiden valumisen ja seinä nousee harjalle asti. Peitelaudan ja 48 x 148 mm räystäärakenteen väleihin asennetun 48 x 48 mm tukipalkin väliin tulee jyrsiä-/hyönteisverkko ja ne muodostavat tuuletusraon. Jos räystäslaudoitukset asennetaan OSB-levy voi loppua mistä räystäslaudoitukset alkavat, jos räystäslaudoitukset ovat saman paksuisia tai räystäslaudoille tehdään loveus 48 x 148 mm räystäsrakenteisiin. Halutessaan räystäslaudoitukset voidaan asentaa räystäsrakenteen alapuolelle ja niiden päälle asentaa jyrsiä-/hyönteisverkko. Kuviossa olisi hyvä olla isompi lista ikkunalle, koska sisäpuolisen 120 mm CLT-palkin ruuvaus saattaa jäädä näkyviin muuten.



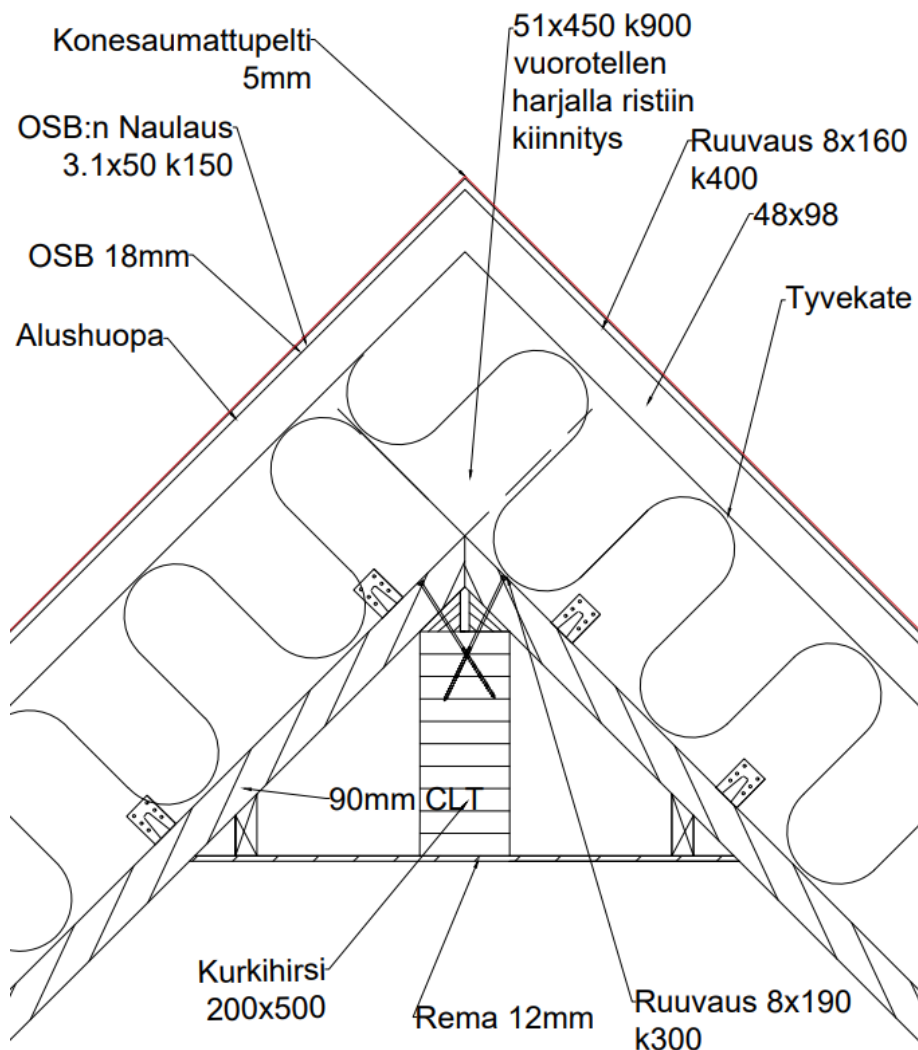
Kuvio 17. Kattodetalji yläreuna

Kuviossa 17 on kattodetalji yläreunasta, joka on vastaava kuvion 16 alareuna rakenteen kanssa ja muutoksia toiseen tehdessä toista on muokattava vastaavaksi. Kuviossa 17 on 51 x 400 kertopuupalkit on kiinnitetty yläreunasta seinäelementtiin palkkikengällä, mutta ne voidaan ja kannattaa kiinnittää samoilla kulmarautoilla ylä- ja alaseinään, kun CLT-yläpohjakin on kiinnitetty. Koska kuviossa 16 ja 17 on tehty CLT-yläpohjalle yli 20 mm hylly kannattaa ulkopuolelle asentaa 80 mm CLT-palkki mille on tehty loveus, ettei sisäpuolen hyllyä varten tarvitse työstää niin isoa loveusta, milloin hukkaa syntyy enemmän.



Kuvio 18. Kattodetalji harja

Kuviossa 18 on kattodetalji harjasta. Harjalla 51 x 400 mm kertopuupalkit voidaan liittää myös yhtä pitkinä harjalla puskuun, kuten 80 mm CLT-yläpohja. Kertopuupalkit kiinnitetään toisiinsa sidoslevyillä, mitkä ruuvataan. 80 mm CLT-yläpohja ruuvataan kuvioden 13–17 kulmarautojen sijoitusperiaatteen mukaisesti. Harjan tulisi olla auki ja siellä olevan harjapeltti, että rakenne tuulettuu.

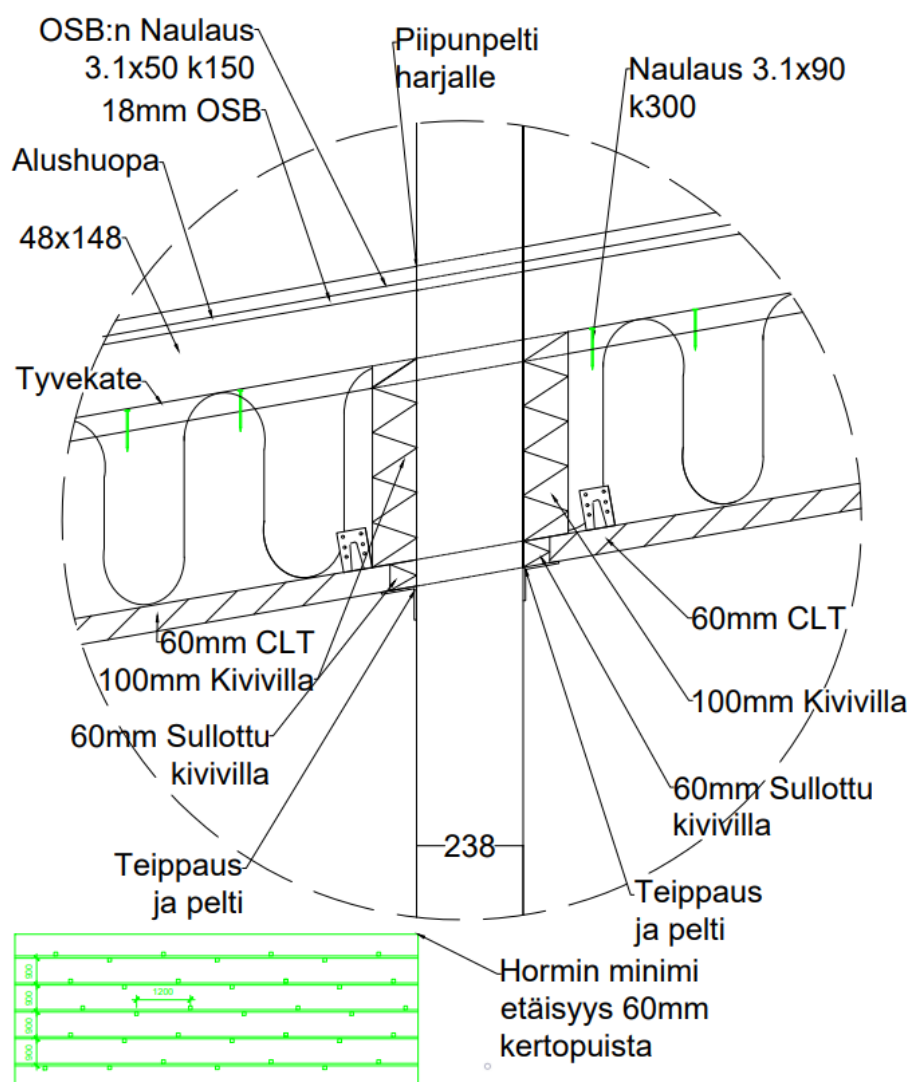


Kuvio 19. Kattodetalji kurkihirrellä

Kuviossa 19 on kattodetalji kurkihirrestä, kurkihirsi lisää kantokykyä. Harjan pituuden kasvassa ilman kantavia väliseiniä kurkihirsi on tarpeellinen varsinkin jyrkässä kattokulmassa. Kurkihirsi jäykistää rakennetta. Kurkihirren voi jättää näkyviin tai kuvion mukaisesti piilottaa 12 m Rema-monikerroslevyllä, joka näyttää samalta kuin CLT-yläpohja. 90 mm CLT-yläpohja ruuvataan kuvioiden 13–17 kulmarautojen sijoitusperiaatteen mukaisesti. 90 mm CLT-yläpohja ruuvataan myös kurkihirteen ja kurkihirren ja 90 mm CLT-yläpohjan väliin on hyvä tehdä kolmiomaiset kiilapalat. Harjalla 51 x 400 mm kertopuupalkit voidaan liittää myös yhtä pitkinä harjalla puskuun, kuten 90 mm CLT-yläpohja. Kertopuupalkit kiinnitetään toisiinsa sidoslevyllä, mitkä ruuvataan Harjan tulisi olla auki ja siellä olevan harjapelti, että rakenne tuulettuu.

3.4 Lämpiviennit

Erilaisia läpivientisarjoja on erilaisille kattorakenteille, mitkä tiivistävät rakenteet. Seiniä ja muita rakenteita varten on myös erilaisia tiivistysmansetteja. Yleisesti ottaen kaikki läpiviennit tulee ilma- ja kosteustiiviitä. Osastoivat seinät on tiivistettävä palomassalla.



Kuvio 20. Hormi detalji

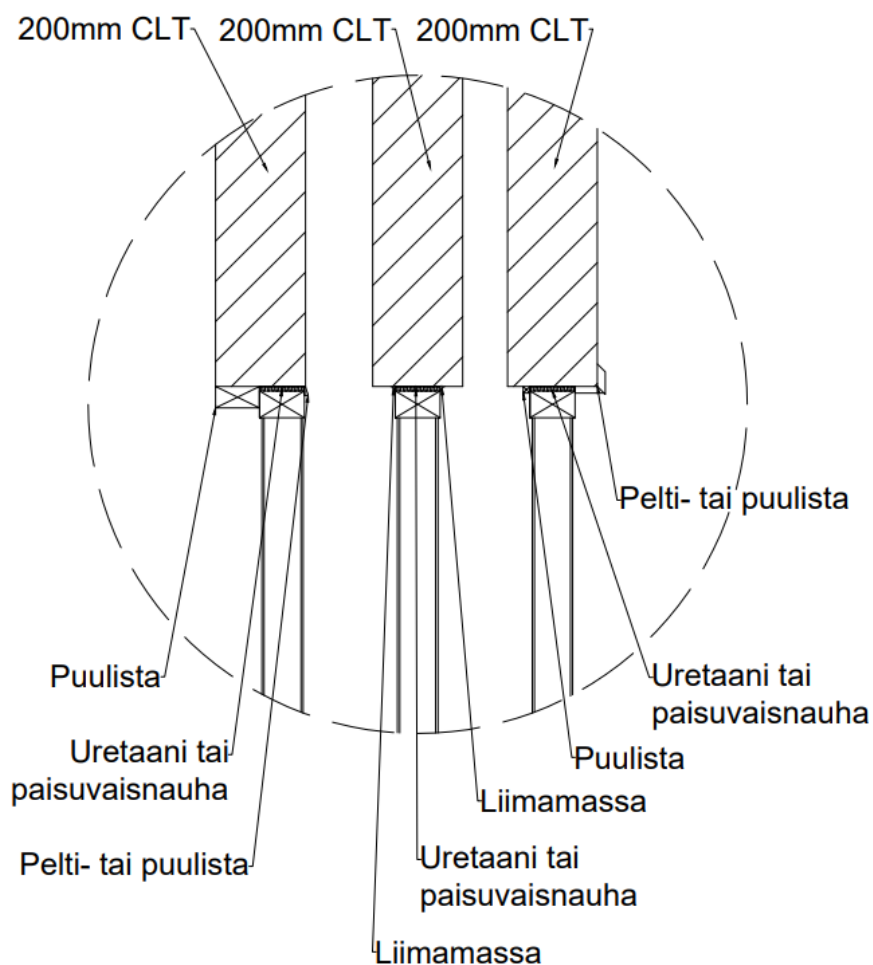
Kuviossa 20 on hormi detalji, missä on huomioitu minimi etäisyys kertospuihin ja palomääräykset. Hormin ympärille on asennettu 100 mm kivivillaa, joka

toimii palokatkona hormin ja muun eristeen välillä. Yläpohjan tulee olla ilma- ja kosteustiivis joten 60 mm sullotun kivivillan sijasta olisi hyvä käyttää palomassaa ja verhoilla se sisäpuolelta peltimansetilla. Harjalle tulee asentaa myös hormille sopivan läpivienti ja pellitys.

3.5 Ikkunat ja ovet

Ikkunoita ja ovia varten on tehtaalla valmiiksi tehty CLT-elementtiin ikkunapenkit. Leikatut palaset ovat hukkaa. Elementtien jatkot on hyvä suunnitella alkamaan ikkunoiden ja ovien pielistä, ettei elementti sauma tule koko seinän matkalle tai sauma olisi hyvä piilottaa väli-seinien alle.

Vili Koskinen (2021) totesi, ettei ole mitään järkeä tehdä tehtaalla ikkunahuuloksia, koska CLT-tehtaalla elementin kääntö maksaa useita satoja euroja. Vaan tehdä joko kapeat tai näkyvän CLT:n levyiset listat ja käyttää tiivistyksessä paisuvaisnauhaa tai uretaania.



Kuvio 21. Ikkunan yläreuna liitokset

Kuviossa 21 on ikkunan yläreuna liitoksia toteutettuna kolmella erityyylillä. Ikkunakarmit verhoillaan joka puolelta samalla tavalla kuin yläreuna. Vasemmanpuoleiset rakenteet ovat sisäpuolisia vaihtoehtoja ja oikeanpuoleiset rakenteet ulkopuolisia rakenteita. Uretaani on perinteisempi ikkunoiden asennus ja tiivistystapa. Uretaania käyttäessä on huomioitava, että sitä tulee tasaisesti, muuten ikkunankarmien ympärillä on vaihtelevaa lämpövuotoa ja

pahimmassa tapauksessa ilma- ja kosteusvuotoa. Jos uretaani pursuaa ikkunakarmien yli, se tarvitsee leikata, milloin uretaanin pinta hajoaa ja se menettää ilma- ja kosteustiiviuden. Ikkunakarmien levyisellä paisuvaisnauhalla ikkunoiden tiivistys on helppoa ja karmien ympärillä on tasaisesti eristettä. Ikkunakarmit on syytä teipata ikkunapenkeihin ilma- ja kosteustiiviuden varmistamiseksi.

Kuviossa 21 vasemmanpuoleisin ikkunadetalji on tehty sisäpuolelta leveällä puulistalla, milloin CLT-elementin ikkunapenkki peittyy kokonaan ja CLT:n pääty rakenne ei jää näkyviin. Vasemmanpuolisessa ikkunadetaljissa ulkopuolelta ikkuna voidaan kehystää pelti- tai puulistalla. Ulkopuolen puuikkunakehys voi olla kapea tai leveänä lautana.

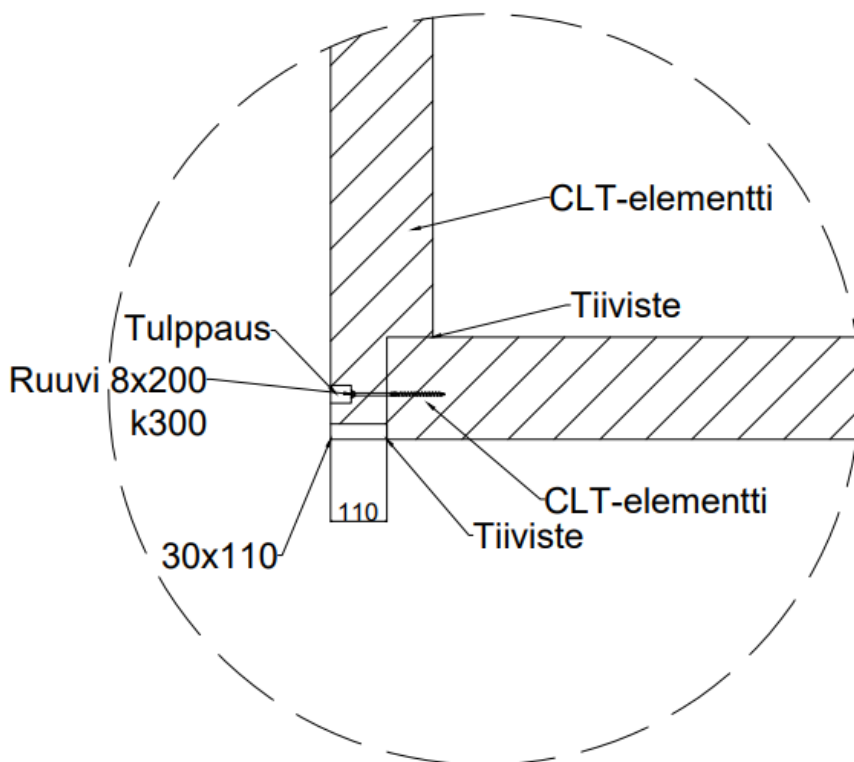
Kuviossa 21 keskimäinen ikkunadetalji on sisä- ja ulkopuolelta tiivistetty ja peitetty liimamassalla. Ikkunan voi sijoittaa haluttuun syvyyteen CLT-elementissä. Keskimäisestä ikkunadetaljissa alareunassa on syytä olla vähintään viiste tai pelti sadeveden valumiselle, jos ikkuna on sijoitettu keskelle CLT-elementtiä.

Kuviossa 21 oikeanpuoleisin ikkunadetalji on sisäpuolelta verhoiltu pienellä puulistalla, että ikkunan asennus- ja tiivistysväli jää piiloon. Oikeanpuolisessa ikkunadetaljissa ulkopuoli on verhoiltu ikkunapenkin levyisellä pelti- tai puulistalla ja ulkoseinä tulee kehystää ylä- ja alareunasta tippanokallisella listalla. Oikeanpuolisessa ikkunadetaljissa ulkopuolen puuikkunakehys voi olla kapea tai leveänä lautana.

Jos CLT-elementin ulkopuolelle tulee ulkoverhous pellin tai laudan pitää ylettyä ulkoverhouksen ulkopintaan asti, ettei väliin pääse kosteutta tai eläimiä ikkunan kohdalta. Ikkunan sijoitus syvyys CLT-seinässä vaikuttaa millä tavalla se tulee ulkopuolelta kehystää.

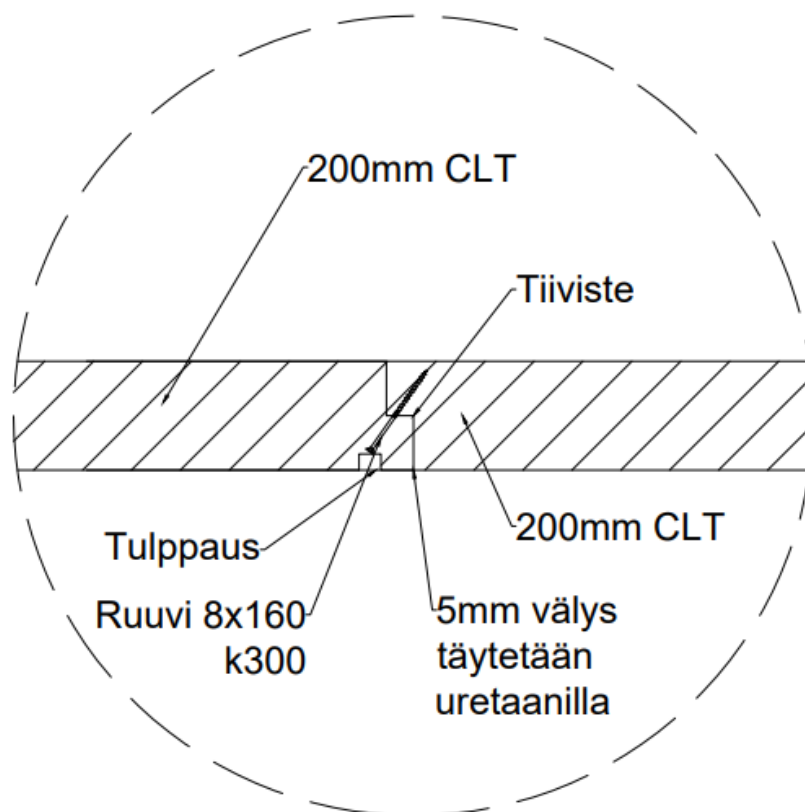
3.6 Elementtiliitokset

Elementtiliitokset tulee aina tiivistää ilma- ja kosteustiiveyden varmistamiseksi. Jos ulkoverhousta ei tule vaan CLT-elementti jää ulkopuolelta näkyviin tulee ruuveille tehdä tapitukset. CLT-elementtien jatkokset tulee vedättää toisiinsa vinosti. Leveäkantaisella ruuvilla saa parhaan vedätyksen aikaiseksi. Elementtiliitokset voidaan vedättää toisiinsa tiiviisti kiinni erikoistyökälua käyttämällä. Elementtiliitokset asennusvaiheessa on syytä tarkistaa, että sauma on koko matkalta saman levyinen ja vinosti ruuvaamalla vedättää se tiiviiksi, koska myöhemmin liimauksen kuivuttua sitä on mahdoton korjata.



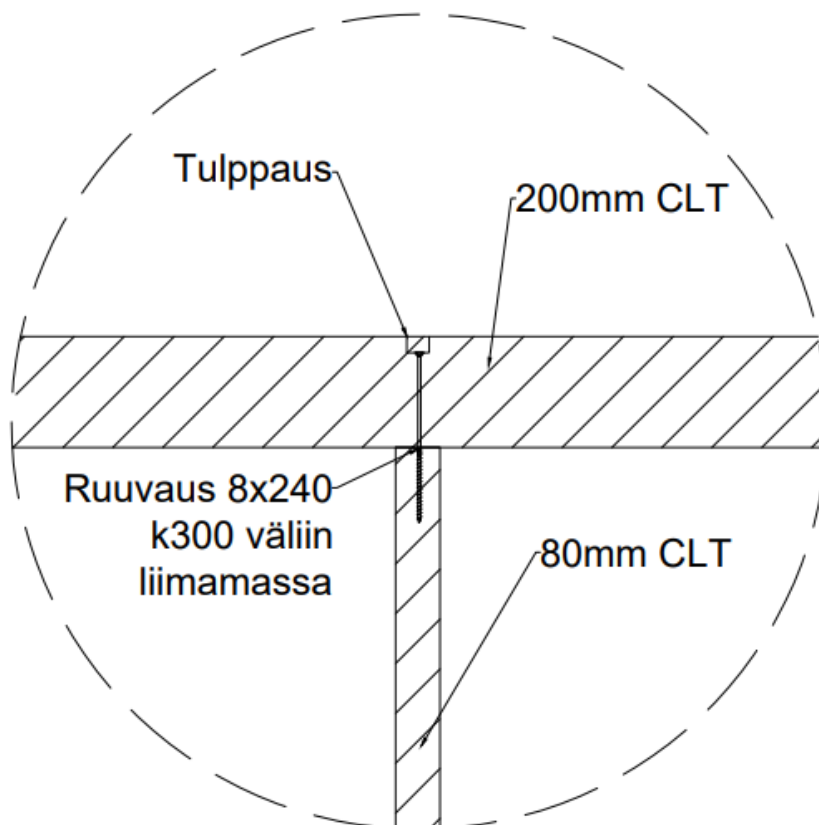
Kuvio 22. CLT-nurkkaliitos

Kuviossa 22 on CLT-nurkkaliitos, ilman ulkoverhousta pystysuuntaisilla pintalamelleilla CLT-elementissä. Ilman ulkoverhousta CLT-elementin pääty jää 30 mm lyhyeksi ja siihen asennetaan 30 x 110 mm lauta liimalla ja pienillä ruuveilla, ruuvien kannat peitetään liimalla. 30 x 110 mm lauta on samasta tavarasta työstetty kuin CLT-seinän pintalamellit. CLT-seinään on hyvä tehdä kolo, mihin toinen seinä uppoaa, milloin sisänurkka jää siistimmäksi, kun se ei jää puskuun. Nurkkaliitoksiin kannattaa tehdä viiste, milloin reunoissa oleva elementti sauma ei ole niin silmiin pistävä. Jos ulkoverhous tulee ruuvausta ei tarvitse tapittaa, koska se jää ulkoverhouksen alle piiloon. Tulppaukset katkaistaan matalammiksi ja hiotaan ennen maalausta, samalla hiotaan liitoksista pursuavat liimat, ulkopinta tasaiseksi ja aurinгон aiheuttamat väri eroavaisuudet. CLT-seinän vaakasuuntaisilla pintalamelleilla voi asen-
taa nurkkalaudat CLT-seinän ulkopuolelle, ulkoverhousseinien tapaisesti.



Kuvio 23. CLT-jatkoliitos

Kuviossa 23 on CLT-jatkoliitos, missä on 200 mm CLT-elementti, joka yleensä on ulkoseinä. CLT-elementin puoleen väliin on tehty hammastus, joka on yleensä 50 mm. Ulkopuolella on 5 mm välys, mikä täytetään uretaanilla ja teipataan. 5 mm välys toimii ulkoverhoilun tullessa, milloin sauma jää piiloon, muuten ei välystä käytetä. 5 mm välys mahdollistaa, että sisäpuolenliitoksen saa asennettua ilman rakoa. Jatkoliitokset kannattaa aina sijoittaa väliseinien alle, milloin ne jäävät piiloon tai ikkunapenkkien reunoihin, milloin ne eivät näy koko seinän matkalla ja eivät ole niin huomattavasti. Vinoruuvauksella saadaan vedätettyä CLT-elementit yhteen. Jos ulkoverhous tulee ruuvausta ei tarvitse tapittaa, koska se jää ulkoverhouksen alle piiloon.



Kuvio 24. US kiinnitys CLT-väliseinään

Kuviossa 24 on US kiinnitys CLT-väliseinään, joka kannattaa ruuvata ennen katon asentamista, että linjan pystyy tarkistamaan paremmin ja CLT-väliseinät saa nostettua nosturilla rakennuksen sisään. Väliseinä tiivistetään ulkoseinään liimalla ja CLT-väliseinään kannattaa tehdä viiste nurkkaan. Jos lattiavalu on tehty ennen CLT-väliseinän asennusta, se kiinnitetään betoniin liimaamalla. Jos lattiavalu tulee CLT-väliseinän asennuksen jälkeen, CLT-väliseinän alareunaan ruuvataan kansiruuveja, millä CLT-väliseinä kiinnittyy valun sisällä ja CLT-väliseinä saadaan asennettua oikeaan korkeuteen ruuveja säätämällä, CLT-väliseinän alareunaan on asennettava bitumihuopa suojaamaan elementtiä valulta.

4 Yhteenveto

Suunnittelu-, rakenne- ja materiaaliratkaisut vaikuttavat lopputulokseen ja niiden kehittäminen tekee puurakentamisesta kilpailukykyisempää ja tukee kestävästä kehitystä hukkaa minimoimalla. Kustannustehokkuus kasvaa, kun rakentamisella on selkeä linjaus ja toimintatavat. Rakennusmääräykset määrittelevät muun muassa rakennuksien rakenteiden lujuuden, paloturvallisuuden ja energiatehokkuuden.

Puurakentamisen markkinaosuus nousee julkisen rakentamisen viitoittamalla tiellä. Syksyllä 2020 Ympäristöministeriön linjaukset puurakentamisen osuuden kasvattamisesta julkisen rakentamisen puolella tekee puurakentamisesta näkyvämpää ja yksityisihmisille helposti lähestyttävämpää. Puurakentamisen osuuden kasvaessa rakennuksiin sitoutuneen hiilen määrä kasvaa, mikä hidastaa ilmastonmuutosta. Moduulirakentaminen on osa tulevaisuutta. Moduulirakentamisella minimoidaan rakennusaikaiset kosteusvauriot ja sään aiheuttamat ongelmat.

Suunnittelun kehittäminen on tärkeä osuus, että puurakentamisesta saadaan kilpailukykyisempää. Asiantuntevalla suunnittelulla varmistetaan toimivat rakenteet. Työmaalla elementtien asentamisen onnistumisen edellytyksenä on suunnittelijan ymmärrys ja kokemus CLT-rakentamisesta ja liitoksista. CLT-elementtien suunnittelussa onkin tärkeää päästä näkemään rakentamista käytännössä ja liitoksien lopputuloksia. Tärkeää on lopputuloksen siisteys. Näiden seikkojen ymmärtämisen jälkeen voi alkaa mallintamaan siistejä detaljeja, mutta rakennusluvan hakemista varten tarvitsee pätevyuden ja vaadittavat kuvat.

Lahden Puurakentajat Oy (Puurakentajat Pientalot Oy) ei ole vielä päättänyt, millä ohjelmistolla Suunnittelun kehittäminen -projektia jatketaan. Opinnäytetyössä olevat detaljit on piirretty koululta saatavalla opiskelijalisenssillä AutoCAD-ohjelmistolla viivapiirroilla, eikä piirustusmerkintöjä ollut rakenteisiin valmiina. Tuotekirjastoa ei ollut myöskään, mutta muutamat ruuvit saatiin vanhojen projektien dwg-kuvista. Hsbcad on CLT-mallinnuslaajennus opinnäytetyössä käytetylle ohjelmistolle, jonka ominaisuuksia ei saatu toimimaan opinnäytetyön aikana opiskelijalisenssillä halutulla tavalla, koska se ei tallentanut kuvia.

Lähteet

Aaltohaitek. Viitattu 3.3.2021. Saatavissa:

<https://aaltohaitek.fi/kayttotapoja/>

Crosslam. 2019. Puurakentaminen hyödyntää uusiutuvaa luonnonvaraa. Viitattu 5.3.2021. Saatavissa:

<https://www.crosslam.fi/ammattirakentajat/puurakentamisen-edut.html>

Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys tu. 2008. Viitattu 9.4.2021. Saatavissa:

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Vesikatto-ja-ylapohja>

Jarno Jaakonsaari, Myyntipäällikköä, Pintos Oy (27.1.2021)

Lahdenpuurakentajat. 2018. Viitattu 28.9.2020. Saatavissa:

<https://www.lahdenpuurakentajat.fi/>

Lavento, D. 2019. Mitä ovat MHM, LVL, Thoma ja CLT? Tutustu massiivipuelementteihin! Rakennusmaailma. 06.03.2019. Viitattu 9.1.2021. Saatavissa:

<https://rakennusmaailma.fi/mita-ovat-mhm-lvl-thoma-ja-clt-tutustu-massiivipuelementteihin/>

Pasanen, P. 2018. Puu vai betoni – elinkaaripäästöjen vertailu Kuninkaantammessa. Ara. 28.8.2018. Viitattu 5.3.2021. Saatavissa:

[https://www.ara.fi/fi-FI/Tietopankki/ARAviesti/ARAviestin_verkkoartikkelit/Puu_vai_betonin_elinkaaripaastojen_verta\(47724\)](https://www.ara.fi/fi-FI/Tietopankki/ARAviesti/ARAviestin_verkkoartikkelit/Puu_vai_betonin_elinkaaripaastojen_verta(47724))

Puinfo. 2020a. Insinööripuutuotteet. 23.4.2020. Viitattu 4.3.2021. Saatavissa:

<https://puinfo.fi/puutieto/insinoorituotteet/>

Puinfo. 2020b. Monikerroslevy (CLT). 23.6.2020. Viitattu 9.1.2020. Saatavissa:

<https://puinfo.fi/puutieto/insinoorituotteet/monikerroslevy-clt/>

Puinfo. 2020c. CLT2-768x1013.jpg. Kuva. 12.3.2021. Saatavissa:

<https://puinfo.fi/wp-content/uploads/2020/08/CLT2-768x1013.jpg>

Puuinfo. 2020d. LVL-020-Stora-Enso_web.jpg. Kuva. 12.3.2021. Saatavissa: https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/08/LVL-020-Stora-Enso_web.jpg

Puuinfo. 2020e. Liittimillä kootut massiivipuulevyt (NLT, MHM, DLT). 23.6.2020. Viitattu 2.2.2021. Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/puutieto/insinoorituotteet/olet-taalla-liittimilla-kootut-massiivipuulevyt-nlt-mhm-dlt/>

Puuinfo. 2020f. NLT-1024x819.png. Kuva. 2.2.2021. Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/NLT-1024x819.png>

Puuinfo. 2020g. MHM-Massivholzmaurer-Entwicklungs-GmbH-1024x683.jpg Kuva. 25.1.2021. Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/MHM-Massivholzmaurer-Entwicklungs-GmbH-1024x683.jpg>

Puuinfo. 2020h. DLT_1-1024x819.png. Kuva. 12.3.2021. Saatavissa:

https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/HLT_1-1024x819.png

Puuinfo. 2020i. DLT_2-1024x819.png. Kuva. 12.3.2021. Saatavissa:

https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/HLT_2-1024x819.png

Puuinfo. 2020j. WLT Aaltopuu – lisääineeton massiivipuuratkaistu rakentamiseen. 21.7.2020. Viitattu 3.3.2021. Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/tuotteet/elementit-rakennusosat/wlt-aaltopuu-lisaaineeton-massiivipuuratkaistu-rakentamiseen/>

Puuinfo. 2020k. lamellihirret-1024x450.png. 19.1.2021. Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/lamellihirret-1024x450.png>

Puuinfo. 2020l. Puurakentaminen ja kestävä kehitys. 18.6.2020. Viitattu 5.3.2021. Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/2020/06/18/puurakentaminen-ja-kestava-kehitys/>

Puuinfo. 2020m. Puurakentaminen tuo uuden ajattelutavan rakentamiseen. 2.7.2020. Viitattu 5.3.2021. Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/2020/07/02/puurakentaminen-tuo-uuden-ajattelutavan-rakentamiseen/>

Puuproffa. 2012a. veistettypyrohirsi.jpg. Kuva. 19.1.2021. Saatavissa:

<https://propuu.fi/propuuproffa/wp-content/uploads/sites/4/2012/02/veistettypyrohirsi.jpg>

Puuproffa. 2012b. veistettyhirsi.jpg. Kuva. 19.1.2021. Saatavissa:

<https://propuu.fi/puuproffa/wp-content/uploads/sites/4/2012/02/veistettyhirsi.jpg>

Puuproffa 2012c. hoylahirsi.jpg. Kuva. 19.1.2021. Saatavissa:

<https://propuu.fi/puuproffa/wp-content/uploads/sites/4/2012/02/hoylahirsi.jpg>

Puuproffa. Hirsityypit. Viitattu 19.1.2021 Saatavissa:

<https://puuproffa.fi/liitosten-arkki/hirsiliitokset/hirsityypit/>

Puurakentajat. 2020. Puurakentajat ostaa Lahden Puurakentajat Oy:n. 18.9.2020. Viitattu 28.9.2020. Saatavissa:

<https://www.puurakentajat.fi/tiedotteet-1/puurakentajat-group-oy-vahvistaa-asemaansa-kasvavilla-pientalomarkkinoilla-ostamalla-lahden-puurakentajat-oy:n>

Puurakentajat. Viitattu 19.1.2021 Saatavissa:

<https://www.puurakentajat.fi/>

Siparila. 2020. Puurakentaminen on tulevaisuuden rakentamisen tärkeimpiä teemoja. 20.7.2020. Viitattu 5.3.2021. Saatavissa:

<https://www.siparila.fi/puurakentaminen/>

Tuukka Eskola, Laatuvaava, Lahden Puurakentajat Oy (12.3.2021)

Vili Koskinen, Toimitusjohtaja, Lahden Puurakentajat Oy (12.3.2021)

Ympäristöhallinto. 2020. Yhä useampi julkinen rakennus on pian rakennettu puusta – tavoitteet puun käytölle julkisessa rakentamisessa asetettu. Tiedote. 8.9.2020. Lainattu 28.9.2020. Saatavissa:

[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Yha_useampi_julkinen_rakennus_on_pian_ra\(58563\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Yha_useampi_julkinen_rakennus_on_pian_ra(58563))