

Esa Rautiainen

CLT-käyttöopas pienrakentajille ja suunnittelijoille



Insinööri (AMK)

Rakennus- ja yhdyskunta-
tekniikka

Kevät 2018



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tiivistelmä

Tekijä: Rautiainen Esa

Työn nimi: CLT-käyttöopas pienrakentajille ja suunnittelijoille

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Asiasanat: käyttöopas, suunnitteluohje, toimintamalli, CLT (cross laminated timber), Crosslam

Tämän opinnäytetyön tavoite oli laatia käyttöopas ristiin liimattua massiivipuulevyä eli CLT-levyä käyttäville pienrakentajille ja suunnittelijoille. Opas tulee kuhmolaisen CLT-levyjä valmistavan tehtaan, Oy CrossLam Kuhmo Ltd:n käyttöön, ja opasta on tarkoitus jakaa tarvittaessa asiakkaille ja yhteistyökumppaneille. Opas auttaa CLT-rakenteisen pientalon toteutuksessa rakentamisen suunnitteluvaiheesta rakentamisvaiheeseen asti.

CLT on Suomessa vielä suhteellisen tuntematon materiaali pientalojen teossa. Koska alalla on paljon epätietoisuutta CLT-levyjien käyttöön liittyen, oli oppaan laatiminen ajankohtaista. Crosslamilla ei ole aikaisemmin ollut seikkaperäistä ja tarkkaa ohjetta, joka olisi voitu antaa suunnittelijoiden ja muiden asiakkaiden käyttöön.

Tarkkojen ohjeiden puuttumisen johdosta tehtaalla oli jouduttu käymään useita puhelin- ja sähköpostikeskusteluja asiakkaiden kanssa. Asiat olivat olleet useimmiten CLT:n käyttöön liittyvien perusasioiden selvittämistä ja tarkentamista. Tällä oppaalla on tarkoitus vastata useimmiten esiin tulleisiin kysymyksiin CLT-rakentamiseen liittyen.

Opas on laadittu käyttäen apuna Crosslamin henkilökunnan, suunnittelijoiden, asiakkaiden ja yhteistyökumppaneiden kokemukseräisiä tietoja. Myös Crosslamin vanhoja ja hajallaan olevia ohjeita on käytetty apuna oppaan tekemisessä. Internetistä löytyvää aineistoa on myös mukana. Oman työkokemuksen ja asioiden selvittelyn kautta on löytynyt vastaukset useimpiin avoimmiin kysymyksiin matkan varrella. Lisäksi oppaassa on valokuvia sekä esimerkkipiirroksia hyvistä suunnittelutavoista.

Oppaan valmistelussa on myös otettu huomioon työmailta tulleet palautteet ja kokemukset. Käyttäjien palautteen avulla opasta on tarkoitus kehittää edelleen.

Oppaan toivotaan antavan CLT:n parissa työskenteleville hyvät perustiedot kyseisestä materiaalista. Turhien kysymysten ja virheiden toivotaan vähentyvän oppaan myötä. Myös CLT-rakentamisen tehokkuus ja edullisuus ovat helpoiten saavutettavissa oikean tiedon myötä.

Abstract

Author: Rautiainen Esa

Title of the Publication: CLT User's Guide for Detached House Builders and Designers

Degree Title: Bachelor of Engineering, Construction Engineering

Keywords: user's guide, design guide, operating model, cross laminated timber (CLT), Crosslam

The purpose of the thesis was to draw up a guide about the use of cross-glued solid wood board or CLT for detached house builders and designers. The guide was commissioned by Oy CrossLam Kuhmo Ltd, which is factory that manufactures CLT in Kuhmo. The basic idea is to distribute this guide for customers and partners if needed. The guide will help to implement a CLT structured small house from the design stage to the construction phase.

CLT is still relatively unknown in Finland in the construction of small houses. Because there is a lot of uncertainty in this field, making this guide was actual. Crosslam has not had a detailed and accurate guide previously, which could have been provided for designers and other customers.

Due to the lack of precise instructions, the factory had had to handle many telephone and e-mail inquiries with customers, dealing mostly with clarifying and defining the basics when using CLT. This guide is targeted to answer the most frequently asked questions about CLT construction.

The guide was developed by using experimental information from Crosslam's staff, designers, customers, and partners. Crosslam's old and scattered instructions have also been used to help make this guide. There is also material from the Internet. Answers to most of the open questions have been found along the way through the author's own work experience and by clarifying things. In addition, the guide includes photographs and sample drawings about good design methods.

When preparing this guide, feedback and experiences from the worksites have been utilized. Within the help of user feedback, further development of this this guide is possible.

The guide is intended to provide good basic knowledge about this specific material for people working with CLT. In addition, unnecessary questions and mistakes will reduce. The efficiency and affordability of CLT construction are also easy to achieve with correct information.

Alkusanat

Tämä opinnäytetyön tavoitteena on CLT-käyttöoppaan laatiminen pienrakentajien ja suunnittelijoiden tarpeisiin. Opas tulee tilaajan, kuhmolaisen CLT-levytehtaan Oy Cross-Lam Kuhmo Ltd:n käyttöön. Oppaan on tarkoitus olla julkinen, ja se annetaan myös erikseen asiakkaille tarpeen mukaan. Lopullinen opas julkaistavassa muodossaan on tämän opinnäytetyön liitteenä.

Haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajana toimineita opettajia Kajaanin Ammattikorkeakoulusta. Lisäksi haluan kiittää käyttöoppaan laatimisessa avustanutta Crosslamin henkilökuntaa, asiakkaita, suunnittelijoita sekä muita yhteistyökumppaneita neuvonnasta ja ohjauksesta tämän prosessin aikana.

Kajaanissa 25.4.2018

Esa Rautiainen

Sisällys

1	Johdanto	1
2	CLT:n historia ja nykytilanne	2
3	Crosslamin CLT-levyn valmistusprosessi	3
4	Crosslam.....	5
5	Käyttöoppaan laatiminen.....	6
	5.1 Lähtötilanne ja tavoitteet	6
	5.2 Työn suorittaminen ja tiedonkeruu.....	7
	5.3 Palaute ja päivittäminen	9
6	Yhteenveto.....	10
	Lähteet.....	11
	Liitteet	12

1 Johdanto

CLT:n käyttäminen on yleistynyt Suomessa voimakkaasti viime vuosina. CLT tulee englanninkielisistä sanoista ”cross laminated timber”, jotka tarkoittavat ristiin liimattua puuta. CLT on siis ristiin toisiinsa nähden liimatuista sahatavarakerroksista eli lamelleista muodostuva massiivipuulevy, jolla on lukuisia käyttömahdollisuuksia rakentamisen eri osa-alueilla.

CLT-levy on jäykkä ja tiivis materiaali, jossa yhdistyvät puurakentamisen ekologisuus ja elementtirakentamisen nopeus. CLT:stä valmistetut rakenteet ovat myös kevyempiä kuin vastaavat betonirakenteet.

CLT:n avulla voi toteuttaa lähes minkä tahansa rakennusosan, mitä pientaloissa voi tulla vastaan. Sen visuaaliset ominaisuudet antavat arkkitehdeille lukuisia mahdollisuuksia erilaisten ideoiden toteuttamiseen. CLT:n työstettävyyys mahdollistaa varsin monipuolisia ratkaisuja, joita ei tavanomaisilla rakenteilla ole helppo toteuttaa.

Pientaloissa CLT on hinnaltaan hirsirakentamisen ja perinteisen rankarakentamisen väli-maastossa. Hintaan vaikuttaa paljon se, minkä kokoisia rakenteista tehdään ja miten suunnittelu toteutetaan. Rakennuksen etukäteissuunnittelun merkitys CLT-rakentamisessa on todella suuri, koska levyjen työstäminen muualla kuin tehtaalla on hankalaa ja aikaa vievää. Hyvällä suunnittelulla myös on mahdollista vähentää levyhukkaa ja vähentää kustannuksia.

CLT-käyttöopas pienrakentajille ja suunnittelijoille on laadittu helpottamaan CLT:n käyttöön liittyvissä asioissa ja kysymyksissä.

2 CLT:n historia ja nykytilanne

CLT:n historia Suomessa on melko lyhyt, mutta Keski-Euroopassa sitä on valmistettu jo liki 30 vuotta. CLT kehitettiin 1990-luvun alussa Sveitsissä. CLT-levyistä rakentaminen on Pohjois-Amerikassa ja Keski-Euroopassa kasvava rakennusmuoto, ja sen käyttö myös Suomessa on lisääntymässä. [1] [2]

Suomen ensimmäinen CLT-tehdas, Oy Crosslam Kuhmo Ltd on perustettu Kuhmoon vuonna 2013, ja se on aloittanut levytuotannon vuonna 2014. Suomessa on kuitenkin voinut ostaa CLT-levyjä jo aiemmin Stora Enson kautta. Stora Ensolla on CLT-tehdas Itävallassa. [3] [4]

Suomeen on avattu vuonna 2016 myös toinen CLT-tehdas, CLT Finland Oy, jonka markkinointinimenä toimii Hoisko. Myös Ruotsiin on suunnitteilla uusi CLT-tehdas Stora Enson toimesta. Tämä tehdas aloittaa toimintansa vuonna 2019. [5] [6]

3 Crosslamin CLT-levyn valmistusprosessi

CLT levy valmistetaan kuivatusta ja lujuuslajittelusta puutavarasta tehdasolosuhteissa. Puun ja ilman kosteus sekä lämpötila pitää olla tietynlainen, jolloin prosessi onnistuu hyvin. Käytettävä puu on yleensä mäntyä tai kuusta. Myös muita vaihtoehtoja, kuten koivua tai lämpökäsiteltyä mäntyä on saatavilla. Erikoisempia puita käytetään kuitenkin usein vain näkyvällä pinnalla. [7]

Puut lajitellaan usein jo sahalla myös oksaisuuden mukaan. MO eli mustaoksainen puu ja TO eli terveoksainen puu erotellaan toisistaan. Jonkin verran lajittelua tehdään myös käsin tuotantotilanteessa, jotta näkyvään pintakerrokseen saadaan mahdollisimman hyvälaatuinen puutavara. [7]

Euronormien mukaan CLT-levyissä on oltava aina pariton määrä kerroksia, ja niiden on oltava symmetrisiä. Tämän johdosta Crosslamin levyissä on kerroksia 3, 5 tai 7. Useimmiten tehdään 3- ja 5 kerroslevyjä. [2]

Crosslamilla voidaan valmistaa CLT-levyjä, joiden leveys on 2500–3200 mm ja pituus 4000–12000 mm. Käytettävä sahatavara on maksimissaan 5400 mm pitkää, jolloin pituutta saadaan lisää sormijatkamalla puut oikeaan mittaan ennen höyläystä. [7]

Höylätyn lamellin leveys on oltava vähintään neljä kertaa höylätyn lamellin paksuus. Koko levyn paksuus Crosslamilla voi olla 60–300 mm, käytettävän sahatavaran kokojen ollessa 25x125 ja 65x185 välillä ennen höyläystä. [2]

CLT-levyt valmistetaan kauttaaltaan määrämittaisista, höylätyistä lamellikerroksista. (Kuva 1.) Lamellit tulevat tuotantolinjalle riviin höyläyksen jälkeen. Lamellirivistöt nostetaan yksi kerrallaan alipainenostimella, jonka avulla ne ladotaan ristikkäin toisiinsa nähdessä. Tällöin puristin voi levittää liimaa joka kerroksen väliin.

Kun levy on puristettu, se voidaan työstää haluttuun kokoon ja muotoon CNC-koneella. Työstön jälkeen levyt voidaan pakata ja lähettää asiakkaalle. [8]



Kuva 1. CLT-levyn tuotantolinjasta höylän edustalla.

4 Crosslam

Oy Crosslam Kuhmo Ltd on kuhmolainen CLT-tehdas, joka on perustettu vuoden 2013 joulukuussa. Vuonna 2018 tehdas toimii kahdessa vuorossa ja työllistää yhteensä noin 20–25 henkilöä. Noin 5–7 henkilöä työskentelee toimiston puolella lähinnä työnjohton, tarjouslaskennan, myynnin ja tilausten parissa. Loput työskentelevät tuotannossa. Alueella toimii Crosslamin lisäksi myös Woodpolis, joka on puurakentamisen koulutus- ja tuotekehityspalveluita tarjoava asiantuntijaorganisaatio. Woodpoliksen henkilökunta toimii tiiviissä yhteistyössä Crosslamin kanssa. [9] [10] [11]

Crosslam valmistaa CLT-levyjä useimmiten valmiiksi työstettynä suoraan asiakkaille. Levyt voidaan myös koota valmiiksi rakennuselementeiksi viereisellä Elementti Sammon tehtaalla. Elementti Sammon tiloissa levyt voidaan vaikkapa eristää, ja siellä voidaan tehdä myös sisäpinnat aina kylpyhuoneita ja keittiökalusteita myöten. Tällöin talonpaketin kasaaminen työmaalla on erittäin nopeaa, kun suurin osa rakentamisesta siirtyy tehtaalle. [8]

5 Käyttöoppaan laatiminen

Työn tavoitteena oli laatia CLT-käyttöopas pienrakentajille ja suunnittelijoille. Koska CLT on Suomessa vielä nykyäänkin suhteellisen tuntematon materiaali, opas toimii yleisohjeena ja tietopakettina CLT:stä ja sen ominaisuuksista myös laajemmin aiheesta kiinnostuneille.

5.1 Lähtötilanne ja tavoitteet

Crosslam on joutunut tekemään toimintansa alkuaikoina paljon työtä, jotta CLT tulee ylipäättään rakennusmateriaalina tunnetuksi. Aiemmin CLT:n käyttö on ollut Suomessa suhteellisen vähäistä.

Uuden CLT-käyttöoppaan laatimisessa on ollut tavoitteena huomioida asiakaskunnan monipuolisuus. Oppaan alkupuolella kerrotaan CLT-rakentamisen perusasioita, joita jokaisen tulisi tietää työskennellessään kyseisen materiaalin parissa. Oppaan loppupuolella on tarkempia ohjeita lähinnä suunnittelijoita varten.

Asiakkaille annettavat tiedot ja mainosesitteet CLT:stä on pitänyt laatia yleensä aivan perusasioiden pohjalta. Toiminnan alkuaikoina on otettu käyttöön CLT-suunnittelun ohje, joka on jaettu asiakkaille aina tarjouksen yhteydessä. Crosslamin vanha CLT-suunnittelun ohje on ollut työn perustana, ja sen sisältöä on oppaassa mukana sellaisenaan. Useimmat vanhan suunnitteluohjeen kuvat ja taulukot on kopioitu uuteen oppaaseen. Vanhaa ohjetta on jouduttu usein täydentämään erikseen asiakkaille annetulla opastuksella esimerkiksi kuormauksen osalta.

Uusi CLT-käyttöopas kokoaa yhteen, harkittuun pakettiin aiemmin hajallaan ollutta, ja usein kiireessä yhteen koottua tietoa. Oppaan laadinnassa on käytetty apuna usein Crosslamin henkilökunnalle tulleita kysymyksiä ja mietitty niihin myös vastauksia valmiiksi. Tämän johdosta yrityksen toiminta tehostuu, kun jokaista asiaa ei tarvitse selittää uusille asiakkaille erikseen. CLT:n kanssa työskennellessä oikean tiedon avulla voi myös säästää paljon turhia kustannuksia ja ajanhukkaa. Tähän voidaan päästä vain tekemällä CLT rakennusmateriaalina mahdollisimman tunnetuksi.

Oppaan valmistuttua sitä on tarkoitus jakaa asiakkaille tarjousten yhteydessä. Oppaan kehittämistä jatketaan asiakaskokemusten pohjalta myös tulevaisuudessa.

5.2 Työn suorittaminen ja tiedonkeruu

Idea CLT-käyttöoppaan laatimiseen on tullut työharjoittelupaikastani Crosslamilta tammi-kuussa 2017. Vaikka käytännön kokemusta rakentamisesta minulla oli jo ennestään, oli CLT-rakentaminen käytännössä kokonaan uusi aihepiiri.

Materiaalin ominaisuudet voi ymmärtää parhaiten käytännön valmistustyön kautta. Jokaisen työvaiheen merkitys lopputuloksessa sekä valmistusprosessin sisäistäminen kaikkine rajoituksineen ja mahdollisuuksineen oli edellytys oppaan luomiselle. Kun materiaali itsessään alkoi tulla tutuksi, pystyin keskittymään tuotteeseen myös toimihenkilöiden ja myynnin näkökulmasta.

Opinnäytetyöprosessin alkajaiseksi pidettiin työpaikan kesken aloituspalaveri, jossa kartoitettiin vallitseva tilanne ja suurimmat ongelmat, joita kunnollisen tiedon puute aiheuttaa CLT-rakentamisessa. Tässä palaverissa käsiteltiin tärkeimmät kysymykset mitä oppaassa tulisi olla. Käsiteltäviä asioita on lisätty oppaaseen vielä myöhemminkin palaverien tuloksena. Myös työn alustavasta aikataulusta ja tulevaisuuden kehitystyöstä tehtiin suunnitelma. Lisäksi kartoitettiin varteenotettavat yhteistyökumppanit ja asiakkaat, joiden kommentteja työ tulisi kaipaamaan.

Opasta on laadittu työn ohessa. Tällöin siinä on paljon myös kokemuksen kautta opittuja asioita, joita on voitu myöhemmin tarkentaa ohjeeseen.

Oppaan laadinnassa on myös käytetty hyväksi Kuhmon Tuupalan koulun CLT-levyistä rakennettavaa hanketta. Osa dokumenteista on valokuvia erilaisista työmaista sekä niiden yksityiskohdista, joiden huomioimisesta on hyötyä. Työmaakäynneiltä kertyneen käytännön kokemuksen ja tiedon merkitys oppaan laatimisessa on ollut suuri.

Erilaisia palavereita oppaan kirjoittamisen aikana on pidetty useampia. Palavereissa Crosslamin henkilökunta ja yhteistyökumppanit ovat voineet lukea luonnosversioita läpi ja kommentoida niitä. Näiden kommenttien avulla opasta on voinut aina tarkentaa ja laajentaa. Lisäksi oppaan laatimisessa kokemuksellaan eniten avustaneita Crosslamin toimihenkilöitä on haastateltu useaan otteeseen.

Suuri osa oppaan ohjeista on koottu kokemusperäisen tiedon avulla. Myös keskustelut Crosslamin henkilökunnan, yhteistyökumppaneiden, suunnittelijoiden ja asiakkaiden kanssa ovat olleet isossa roolissa. Keskustelujen ja kommenttien avulla opasta on kehitetty tarpeen mukaan.

Oppaassa on myös paljon internetin kautta löytynyttä tietoa, kuten tutkimus- ja opetusaineistoa CLT:stä. Kirjallisuutta alalta ei juuri perinteisessä paperimuodossa ei juurikaan löydy, sillä aihepiiri on vielä suhteellisen uusi.

Kevättalvella kävin myös Kuopion ammattikorkeakoululla Rakennusinsinöörit ja -arkkitehdit RIA ry:n yhdessä Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL:n järjestämässä puukerrostalotyömaan työmaakäytännöt -koulutuksessa. Koulutuksessa tuli paljon uutta tietoa puurakentamisesta sekä ulkomailla käytetyistä ratkaisuksista erilaisten yksityiskohtien toteuttamiseksi. Useita koulutuksessa esiin tulleita asioita pystyi soveltamaan myös pienrakentajille tarkoitettuun CLT-käyttöoppaaseen. Koulutuksessa oli myös paljon puurakenteiden suunnitteluun sisältyvää asiaa, jonka huomioiminen ei ilman koulutusta olisi ollut mahdollista.

Helmikuussa 2018 kävin myös Puuinfon järjestämässä ”paloturvallinen pientalo”-koulutuksessa Oulussa. Puuinfon koulutusten ja materiaalien avulla oppaan laatimisessa on voitu huomioida eri luennoitsijoiden esiin nostamia tärkeimpiä asioita. Näissä asioissa on ollut yleisesti epätietoisuutta, joten niitä on tuotu esiin myös tässä oppaassa.

Kun syksyllä 2017 oppaasta oli valmistunut jo lähes julkaisukelpoinen luonnos, joka sisälsi tärkeimmät käsiteltävät asiat, se laitettiin kommenttikierrokselle luettavaksi työpaikan jäsenten keskuuteen. Saatujen kommenttien perusteella opasta oli mahdollista parantaa entisestään. Kun oppaan muutokset ja asiasisältö oli tarkastettu ja hyväksytty, oli sen viimeistely myös lopulliseen versioon mahdollista.

Oppaasta on pyritty tekemään mahdollisimman helppolukuinen ja selkeä. Oppaassa on valokuvia ja esimerkkipiirroksia, joita ilman monen asian selittäminen ymmärrettävästi voisi olla liki mahdotonta. Valokuvien ottaminen ja esimerkkipiirustusten laatiminen sekä muokkaaminen opasta laatiessa tuskin loppuu myöskään jatkossa. Uusia ratkaisuja on seurattava, ja opasta on päivitettävä jatkuvasti.

Oppaan koko kasvoi oletettua laajemmaksi, mutta asiasisältö huomioiden oppaan supistaminen ei olisi ollut mielekästä. Oppaan tiedot on kuitenkin jaettu eri kategorioihin siten, että tarvittava tieto löytyy jokaisen otsikon alta erikseen. Oppaan alkupuolella on enemmän yleistietoa, joka jokaisen CLT:n parissa työskentelevän olisi hyvä tietää. Oppaan loppupuolella on taas enemmän rakennesuunnittelijoille sekä rakennuspiirustusten tekijöille suunnattua tietoa. Tästä jaottelusta kerrotaan heti oppaan alkupuolella.

5.3 Palaute ja päivittäminen

Oppaan testaamisen ja saadun palautteen myötä opasta voidaan tarkentaa edelleen. Kun opas julkaistaan laajalti, jatkuu sen päivittäminen ja käyttäjäkokemusten kerääminen aktiivisesti vielä pitkään. Koska opas tulee yrityksen päivittäiseen käyttöön, sen on oltava aina ajan tasalla.

Opas tulee aikanaan näkyviin Crosslamin nettisivuille, ja se annetaan myös sähköpostitse tarjouspyynnön jättäneille asiakkaille. Opas on tarkoitus liittää Crosslamin nettisivuille muiden, tarkentavien suunnittelu- ja laskentaohjeiden yhteyteen, jolloin asiakkaalla on helppo löytää kaikki tieto yhdestä paikasta. Myös linkkien ja tiedostojen päivittäminen on silloin mahdollisimman helppoa.

6 Yhteenveto

CLT-käyttöopas antaa yleistietoa CLT:stä ja sen käytöstä. Tietoa on aiemmin kerätty hajanaisesti sitä mukaa kun sitä on syntynyt alan yritysten nettisivuille. Oppaan myötä tärkeimmät tiedot CLT-levyjen käyttämiseksi löytyvät nyt yhdestä dokumentista. Opasta voidaan käyttää myynnin apuvälineenä sekä tukena kaikille CLT:stä kiinnostuneille.

Oppaan sisällön kokoaminen, tiedonkeruu, asioiden selvittäminen ja tutkiminen on ollut kaikkiaan yli vuoden mittainen prosessi. Oppaan asiasisällön selittäminen ymmärrettävästi pienrakentajille, joilla ei välttämättä ole ollenkaan rakennusalan kokemusta, oli haastavaa. Tekstejä ja sanamuotoja muokattiin useaan eri otteeseen. Oppaan kehitystyötä ja päivittämistä tullaan jatkamaan vielä tulevaisuudessa.

Moni asia, joka toimii perinteisessä elementtirakentamisessa hyvin, ei aina ole niin hyvä CLT:n näkökulmasta. Esimerkiksi suunnittelussa on huomioitava, että materiaalimenekkiä syntyy myös aukkojen kohdalla. Lisäksi CLT-levyjen valmistuksessa on rajoituksia levyjen koon ja työstöjen suhteen. Toivottavasti oppaan myötä alan käytännöt selkiytyvät ja yhdenmukaisuus toiminnassa lisääntyy.

Lähteet

1. Wikipedia. < <https://fi.wikipedia.org/wiki/CLT> > Luettu 17.12.2017
2. Kekäläinen, R, 2015. CLT-rakentaminen. Opinnäytetyö. Theseus. Viitattu 25.12.2017. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/87366/Kekalainen_Reeta.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. Crosslam. Keitä olemme. Viitattu 25.12.2017. <http://www.crosslam.fi/keita-olemme.html>
4. CLT info. Tuote. CLT-massiivipuurakentaminen. Tuotanto. Viitattu 25.12.2017. <http://www.clt.info/fi/tuote/clt-massiivipuurakentaminen/tuotanto/>
5. Wikipedia. Hoisko. Viitattu 25.12.2017. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Hoisko>
6. Tekniikka ja talous. 4.7.2017. Viitattu 25.12.2017. <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/metsa/stora-enso-investoi-45-miljoonaa-euroa-clt-tuotantoon-ruotsissa-6661526>
7. Crosslam. Tuote. Viitattu 25.12.2017. <http://www.crosslam.fi/tuote.html>
8. Toivanen T. Tuotantoinsinööri. Crosslam. Haastattelu 27.12.2017.
9. Kauppalehti. Yritykset. Yrityshaku. Crosslam. Viitattu 26.12.2017. <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/oy+crosslam+kuhmo+ltd/25897678>
10. Crosslam. Keitä olemme. Viitattu 26.12.2017 <http://www.crosslam.fi/keita-olemme.html>
11. Woodpolis. Viitattu 26.12.2017 <http://www.woodpolis.fi/index.php>

Liitteet

LIITE 1

CLT-käyttöopas pienrakentajille ja suunnittelijoille

LIITE 1

Esa Rautiainen

CLT-KÄYTTÖOPAS

PIENRAKENTAJILLE JA SUUNNITTELIJOILLE



3.4.2018

Sisällysluettelo

1	Johdanto	5
	1.1 Sisältö ja tarkoitus	5
2	Yleistä tietoa CLT:stä	6
	2.1 Mikä on CLT?	6
	2.2 Miksi CLT?	7
3	Toimintamalli	9
	3.1 Rakennusprojektin aloittaminen	9
	3.2 CLT:n käyttämisessä ja suunnittelussa huomioitavaa	9
	3.3 Suunnittelijat	11
	3.4 Tilaus- tarjous ja toimitusprosessi CLT-rakentajalle	11
	3.5 Toimitusjärjestys ja asennustyön valmistelu	12
	3.6 Kuormaus	13
	3.7 Kuljetuskalusto	13
	3.8 Kuorman purkupaikan vaatimukset	15
	3.9 Varastointi	17
	3.10 Nostoapuvälineet ja nostaminen	18
	3.11 Asennustyön kulku	19
	3.12 Työturvallisuudesta erityisesti huomioitavaa	21
	3.13 Projektin aikainen neuvonta	22
4	Pinnanlaadut	23
	4.1 Yleisimmät pinnanlaadut ja ulkonäkö	23
	4.2 Mikroviiste	27
	4.3 Crosslamin laatumääritteet näkyville pinnoille	29
5	Suunnitteluohje	30
	5.1 Levyjen mitat ja levymallit	30
	5.2 Crosslamin tuoterakenne	31
	5.3 Levytyypin valinta	34
	5.4 Yleiset rakenneratkaisut pientaloissa CLT:tä hyödyntäen	34
	5.5 Levyjen mitoitus ja kappalejaon määrittäminen	36
	5.6 Ponttiliitokset	37
	5.7 Liitosten kiinnitys ruuvaamalla	39
	5.8 Elementtikuvien piirtäminen	41
	5.9 Elementtikuvat, kuvausjärjestys ja suunnat	42

5.10	Lujuuslaskenta	44
5.11	CLT-rakenteen U-arvon laskenta ja määrittäminen.....	46
5.12	CLT-levyissä käytettävä liima ja halkeilu.....	47
5.13	Rakenteelliset yksityiskohdat ja liitostarvikkeet	47
5.14	Palo-ominaisuudet	48
5.15	Puun ääneneristävyys	49
6	Crosslamin CNC-koneen työstömahdollisuudet.....	50
6.1	Yleistä Crosslamin CNC-työstöistä.....	50
6.2	Työstökapasiteettitaulukot	54
6.2.1	Reunan oikaisu	54
6.2.2	Kaareva reuna tai reikä.....	55
6.2.3	Reunan hammastus.....	56
6.2.4	Reunan viiste	57
6.2.5	Puolipontti.....	58
6.2.6	Pieni suorareunainen aukko.....	59
6.2.7	Iso suorareunainen aukko.....	60
6.2.8	Ura tappijyrsimellä	61
6.2.9	Ura sirkkelillä	62
	LÄHTEET	63
	LIITTEET	67
	Rakennusprojektin aikajana	67

SANASTO

Höylävajaa	Osittain höyläämätön pinta höylätyssä puussa, josta höylän terä ei ole koskenut puuhun.
Lamelli	Sahatavarakappale, esimerkiksi lauta, soiro tai lankku. CLT-levy koostuu ristikkäin toisiinsa nähden yhteen liimatuista lamellikerroksista.
Lamellikohdistus	Tapa toteuttaa työstöt siten, että esimerkiksi pontin kohdalle tulee aina kokonaisen levyinen lamelli, eikä vain puolikas. Näin lamellijako säilyy samana.
Liikuntasauma	Rakenteissa oleva sauma, joka mahdollistaa rakenteen elämisen esimerkiksi lämpölaajenemisen tai kosteusolosuhteiden muuttumisen johdosta.
Mikroviiste	Höylällä pintalamellin reunaan tehty viiste.
Roso	Puun pinnan epätasainen, tumma kolo.
Säädettävä liitos	Esimerkiksi kierrejalan avulla toteutettu liitos, jossa on tarvittaessa säätövaraa.
Tönäri	Elementtituki.

1 Johdanto

1.1 Sisältö ja tarkoitus

Tämä opas toimii ohjeena CLT-pienrakentajille sekä suunnittelijoille. Oppaassa kerrotaan CLT-levyjen käyttämisessä huomioon otettavia asioita talon rakentamisen ja suunnittelun eri vaiheissa.

Opas sisältää toimintamallin CLT-rakentamisesta josta löytyvät esimerkiksi aika-
taulukus- sekä yleisimmät CLT-levyn käyttöön liittyvät asiat tavallisen rakentajan,
suunnittelijan ja rakennuttajan näkökulmasta. Lisäksi oppaassa on saatavilla
yleistietoa CLT:stä sekä pinnanlaaduista.

Oppaasta löytyy myös yksityiskohtaisempi suunnitteluohje esimerkkidetalleineen
rakenne- ja arkkitehtisuunnittelijoita varten. Myös Crosslamin käyttämän CNC-
työstökoneen mahdollisuudet on eritelty suunnittelun tueksi.

Toimintamalli on asiakirja, jonka avulla rakentamista voidaan lähteä valmistele-
maan, organisoimaan ja toteuttamaan. Toimintamallissa kerrotaan esimerkiksi
se, kuinka suunnittelua tulee ohjata eri asiantuntijoiden avulla. Toimintamallin
mukaisesti tehdään mallikuvat, joiden avulla tehdas voi tehdä tarjouksen sekä
toimitusajan määrittelyn. Myös projektin alustavan aikataulun toteutus on silloin
mahdollista.

Suunnitteluohjeen tavoitteena on tuoda ilmi suunnittelun vaatimukset esimerkki-
kuvien ja detaljien avulla. Elementti-, rakenne- ja arkkitehtikuvien laatimiseen on
omat mallinsa. Kuvien sekä niitä selventävien tekstien avulla elementtien suun-
nittelu on yhdenmukaista, jolloin projekti etenee tehokkaasti ja edullisesti aika-
taulussa. Suunnitteluohjeessa on myös linkit kestävyyslaskelmien, palomääräys-
ten, tuoteominaisuuksien sekä muiden teknisten ominaisuuksien hakuun.

2 Yleistä tietoa CLT:stä

2.1 Mikä on CLT?

CLT tulee sanoista cross-laminated timber, joka tarkoittaa ristiin liimattua puuta. CLT-levy valmistetaan höyläämällä sahatavaraa eli lamelleja, latomalla ne ristik-käin toisiinsa nähden oleviin kerroksiin, liimaamalla ja puristamalla kerrokset massiivipuulevyksi.

CLT-levy on erittäin luja puutuote, jota voi käyttää lähes kaikkiin rakennuksen osiin, esimerkiksi runkoon, sekä ylä-, ala- ja välipohjiin. Myös väliseinät, portaat ja varauksin jopa julkisivut voidaan valmistaa CLT-levystä. Valmiiden levyjen tai niistä valmistettujen rakennuselementtien käyttö nopeuttaa ja helpottaa rakentamista esimerkiksi perinteiseen kappaletavararakentamiseen verrattuna.

CLT-levy on paitsi luja, jäykkä, ja tiivis, myös ympäristöystävällinen vaihtoehto rakentamiseen. Crosslamin tuotteet valmistetaan vain kestävästi hoidetuista PEFC-sertifioiduista metsistä tuotetusta puutavarasta.

Levyt valmistetaan valvotuissa kosteusolosuhteissa tehtaalla lujuuslajitellusta puutavarasta. Lisäksi valmistuksessa käytetään liimaa, joka on täysin formaldehydivapaa. Sama liimatyyppi on yleisesti käytössä myös lamellihirsissä.

CLT-levyn parhaimpia ominaisuuksia on rakenteen kantavuuden, kosteussulun, sekä palonkestävyyden yhdistyminen samassa rakenteessa. Erillistä höyrynsulkuu ei tarvita.



Kuva 1. CLT-levystä leikattu palanen.

2.2 Miksi CLT?

CLT-levyjen käytöllä voidaan saavuttaa merkittäviä etuja rakentamisessa. CLT-levyistä rakentaminen on perinteiseen kappaletavara- tai hirsirakentamiseen verrattuna nopeaa. Nopeuden myötä CLT myös vähentää työkustannuksia.

Hirsirakentamiseen verrattuna CLT:n etuna on hyvin vähäinen eläminen, joten pientalojen mitoituksessa ei tarvitse huomioida hirsitaloista tuttuja liikunta-saumoja. Levy ei myöskään painu kuten hirsi, joten suuria varauksia esimerkiksi ikkunoille ei tarvitse jättää. Myöskään painumisen mahdollistavia säädettäviä liitoksia ei tarvita, joten viimeistely helpottuu. Nykyisin käytettävät uudet, ”painumattomat” hirret on käytännössä valmistettu CLT-levystä edelleen työstämällä.

CLT-levyn muokattavuus mahdollistaa suhteellisen helposti hyvin monipuoliset, jopa kaarevat työstöt ja erilaiset kulmat. Erilaisten puupintojen, muotojen ja pintakäsittelyiden avulla levyn ulkonäköä voidaan räätälöidä käyttäjän toiveiden mukaan.

Pientaloissa esimerkiksi kerrostaloja lievemmat palomääräykset mahdollistavat käsittelemättömien puupintojen näkyvän monessa kohdin. Tällöin puun ilman kosteuden vaihteluita tasaava ominaisuus, hygroskooppisuus, voidaan säilyttää laajalti. Myös puupintojen visuaaliset ominaisuudet voidaan tuoda helposti esille.

3 Toimintamalli

3.1 Rakennusprojektin aloittaminen

Aluksi rakentajan tulee perehtyä kuntansa rakennusluvan hakemiseen liittyviin asioihin sekä lupahakemuksessa vaadittaviin papereihin. Tietoa löytyy usein kuntien nettisivuilta sekä kuntien teknisten palvelujen neuvojilta, kuten rakennus-tarkastajilta. Alueen kaavoitukseen ja määräyksiin kannattaa tutustua jo jopa ennen tontin ostoa, jotta yllättäviä rajoituksia tontin käytölle ei olisi. Esimerkiksi tiukat asemakaavamääräykset voivat rajoittaa CLT:n käyttöä. Tämä selvitys on helppointa tehdä puhelimitse kunnan rakennusvalvontaviranomaisille. Esimerkiksi rakentamisen poikkeusluvan hankkiminen voi kestää jopa vuoden, eikä luvan myöntäminen ole täysin varmaa.

Kunta voi vaatia rakennuslupahakemuksen liitteeksi tonttikartan. Tonttikartassa tontin tiedot, asemakaavamääräykset, korkeussuhteet, rakentamisen rajoitukset sekä kunnallistekniikan tiedot tulevat ilmi. Tonttikartan saa usein kunnan mittaus-tekniikolta, ja sen pohjalta kohdetta voidaan alkaa suunnitella tarkemmin.

3.2 CLT:n käyttämisessä ja suunnittelussa huomioitavaa

CLT-levyn käyttö eroaa tavanomaisesta elementti- ja kappaletavararakentamisesta siinä, että etukäteissuunnittelun merkitys on suuri. Vaikka CLT-levyn työstö onnistuu myös työmaalla, suunnitelmien muuttamista levyjen valmistuttua ei suositella. Esimerkiksi sähköjohtojen roilotusten, LVI-asennusten, tai valaisimien paikkojen muuttaminen ja työstöjen tekeminen jälkikäteen voi olla todella työlästä puurakenteiseen seinään.

Lisätyöstöt aiheuttavat paljon ylimääräisiä kustannuksia ja viivytyksiä, joten suunnittelu on tehtävä erityisellä tarkkuudella. Kuvien tulee olla täysin valmiit, kun ne saapuvat tehtaalle. Ohjeen lopussa on liitteenä karkea arvio tavanomaisen omakotitalon suunnitteluprosessin kestosta.

Suunnittelun ja valmistamisen kustannuksia voidaan vähentää toistuvuuden avulla. Esimerkiksi levyjen paksuus ja tyyppi kannattaa pitää samana rakennuksen eri osissa, kuten ulkoseinissä. Yleisimpien levytyyppien, kokojen ja valmiiden ratkaisujen avulla rakentaminen on sujuvaa ja edullista.

CLT-levyyn voi työstää yksinkertaiset ponttiliitokset, joten liitosdetaljeja ei tarvitse toteuttaa erikseen joka kohtaan. Yksinkertaiset pontit tiivisteineen/massoineen ovat myös edullisia asiakkaalle. Kuvien piirtämiseen, liitoksiin ja yksityiskohtiin löytyy suunnitteluohjeesta esimerkkikuvia, joiden avulla rakennusta kannattaa suunnitella. Detaljeihin on hyvä tutustua ennen piirtämisen aloitusta.

CLT-levyjen työstössä 3D-suunnittelu on hyvä lähtökohta. 3D-mallien avulla lopputuloksen mittasuhteista voidaan varmistua etukäteen, eikä 2D piirtämisessä helposti syntyviä mittaheittoja esiinny. Tämä korostuu monimutkaisissa rakennuksissa. 3D suunnittelun avulla myös tilaajan on helpompi hahmottaa tavoiteltu lopputulos.

Pääpiirustusten ja tarkempien elementtikuvien laadinnassa kannattaa käyttää apuna suunnittelijaa, jolla on jo kokemusta CLT-rakentamisesta. Kokeneen elementti/rakennesuunnittelijan konsultoinnin avulla arkkitehti- ja LVISA-suunnittelu tulee kerralla kuntoon. Levyvalmistajien suosittelemia yhteistyökumppaneita kannattaa käyttää. Suunnitteluun kannattaa varata reilusti aikaa, jopa 1,5–2 kuukautta.

Arkkitehdin kuvat sekä LVISA-kuvat- ja varaukset tulisi olla valmiina, kun kuvat saapuvat pääsuunnittelijalle. Pääsuunnittelija hyväksyy asiakkaalta arkkitehti- ja LVISA-suunnitelmien kelvollisuuden, jonka jälkeen tarkempi suunnittelu elementtikuvineen voidaan aloittaa. Tämän jälkeen tuotantokelpoisten elementtikuvien tekeminen vie aikaa noin kahdesta kolmeen viikkoon. Mikäli LVISA-kuviin tai suunnitelmiin tulee muutoksia jälkikäteen, aika voi alkaa taas alusta.

Mikäli LVISA-kuvat tulevat vasta rakennekuvien jälkeen, suunnittelu hidastuu, eikä tätä järjestystä suositella. LVISA-kuvien on oltava pääsuunnittelijalle tullessa täsmälleen oikeat ja sähköisessä muodossa piirretyt. Arkkitehtikuvat voivat olla

2D-muodossa yksinkertaisissa rakennuksissa, monimutkaisemmissa 3D on ehdottomasti paras ratkaisu.

Suunnittelun kokonaiskustannukset CLT-rakentamisessa ovat noin 15 €/kerros-neliö, mutta luonnollisesti kohteesta riippuen vaihtelua on paljon.

3.3 Suunnittelijat

Suunnittelussa kannattaa kääntyä sellaisten henkilöiden puoleen, joilla on jo kokemusta CLT:n käytöstä. Crosslamilla on tiedossa kokeneita suunnittelijoita, ja niitä kannattaa tiedustella suoraan tehtaan kautta. CLT on joiltakin osin melko tuntematon materiaali monelle suunnittelijalle, joten projektin sujuvoittamiseksi suunnittelijan valintaan kannattaa panostaa.

3.4 Tilaus-, tarjous- ja toimitusprosessi CLT-rakentajalle

Alustavan tarjouspyynnön eli budjettitarjouspyynnön voi lähettää levytehtaalle, kun levymäärät ja niiden tyypit ovat pääpiirteittäin tiedossa. Tähän vaiheeseen riittää usein arkkitehtikuvat tärkeimpine mittoineen. Tehdas antaa alustavan tarjouksen, jossa esimerkiksi puulaji ja elementtien tarkat mitat voivat olla avoinna. Yleensä viimeistään tässä vaiheessa tehdas tai sen yhteistyökumppanit konsultoivat suunnittelua oikeille raiteille CLT-rakentamisen näkökulmasta. Myös suunnittelusopimuksen tekeminen tehtaan avulla suositeltujen pääsuunnittelijoiden kanssa on mahdollista.

Alustavaan tarjoukseen perehtymisen ja kuvien tarkentamisen jälkeen asiakas lähettää varsinaisen tarjouspyynnön, jossa levytyypit on eritelty tarkkaan. Myös levyjen jaon sekä mitoituksen tulee olla oikeita. Alustavasta tarjouksesta tähän vaiheeseen on yleensä mennyt 1–4 kk. Tehdas voi vielä pyytää tässä vaiheessa tarkennusta, mikäli esimerkiksi mittoja on muutettava tuotantoon sopiviksi. Mikäli suunnittelija on kokenut, voi ensimmäinen, alustavan tarjouksen vaihe jäädä kokonaan pois suunnitelmien laadusta riippuen.

Lähes tarkkan, lopullisen tarjouksen tehdas voi antaa, kun levyjen mitat, näkyvien pintojen määrät ja laadut (hionnat), työstölisät sekä puulaji on selvillä. Myös toimitusehto ja maksuehto selviävät tarjouksesta. Kuvien tulee olla tehtaalla vähintään kolmea viikkoa ennen haluttua toimituspäivää.

Asiakas hyväksyy lopullisen tarjouksen kirjallisesti. Tarjouksessa voi olla maininta, että lopullinen hinta vielä tarkentuu todellisten puristettujen levyneliöiden sekä lisähinnoiteltavien työstöjen mukaisesti. Tämä johtuu valmistusteknisistä syistä.

Kun lopullinen tarjous on hyväksytty, lähetetään asiakkaalle täytettäväksi lomake, jossa toimitusprosessia tarkennetaan. Lomakkeessa on mahdollisuus tarkentaa mm. toimituspäivä, toimitusosoite, yhteystiedot, nostoprosessin tarvikkeet, ja lastausjärjestys. Tehdas tekee lopullisen tuotantoaikavarauksen ja käy kuvat vielä läpi kahta viikkoa ennen tuotantoa.

Tavaran mukana toimitetaan rahtikirja ja lähetyslista. Laskutus hoidetaan sovitulla tavalla.

3.5 Toimitusjärjestys ja asennustyön valmistelu

Tässä ohjeessa on selitetty yleisimmät asiat, jotka on aina huolehdittava kuntoon. Crosslamilta saa tarvittaessa lisätietoa käytettävän kuljetuskaluston ominaisuuksista, purkupaikan tilavaatimuksista sekä nostotyöstä. Myös levyjen asennustyöhön liittyvissä asioissa opastetaan.

CLT-levyjen asennusjärjestys tulee miettiä etukäteen. Yleensä pääsuunnittelija päättää kuorman toimitus- eli purkujärjestyksen. Tämä järjestys tulee ilmoittaa tehtaalle viimeistään kaksi viikkoa ennen kuin levyjen valmistus alkaa. Mikäli levyjä ei asenneta heti paikalleen, vaan ne puretaan väliavarastoon, on tämä huomioitava järjestystä suunniteltaessa. Levyjen asennusjärjestystä miettiessä tulee huomioida myös kiinnitysratkaisujen vaatima tila. Lisäksi väliaikaiset tuennat ennen levyjen lopullista kiinnitystä vaativat tilaa.

Mikäli purkujärjestystä ei ole määritelty asiakkaan tai suunnittelijan puolesta ennalta, tehdas tekee sen. Tavoiteltua purkujärjestystä ei aina voida noudattaa, koska levykuormasta on tultava tasainen ja tukeva. Tällöin levyjen nosto työmaalla ei aina onnistu suoraan haluttuun paikkaan. Levyille on hyvä järjestää kaiken varalta välivarasto aluspuineen.

3.6 Kuormaus

CLT-levyn painona kuormauksessa käytetään 500 kg/m^3 . Työmaalle tulee jo alussa varata riittävän suuri nosturi suurimman levypainon ja ulottuvuusvaatimusten mukaan. Useimmiten levyn paino on 1–2 tonnin luokkaa, mutta paksumilla ja suurimmilla levyillä se voi olla jopa liki kuusituhatta kiloa.

3.7 Kuljetuskalusto

Elementit toimitetaan usein rekan puoliperävaunussa, joka on 13 metriä pitkä ja 2,5 metriä leveä. Vaunun kuormatilan korkeus on 3,2 metriä. Lastausteknisistä syistä kuorman maksimimittoina voi käyttää pituussuunnassa vain 12 metriä. Kuusiakselista puoliperävaunuyhdistelmää käytettäessä vetoauton ja vaunun kokonaisuudessa saa olla enimmillään 48000 kiloa.

Elementit voidaan lastata joko lappeelleen tai pystyyn. Lapekuormaan sopii levyjä noin 70 m^3 , ja pystykuormaan noin 40 m^3 . Tehtaassa lapekuorma on levyn toinen sivumitta oltava alle 3200 millimetriä. Myös lapekuorman voi purkaa nosturilla, mutta tällöin on muistettava huomioida riittävä nostoapuvälineiden, kuten nostoruuvien, sekä kuulapäänostimien eli nostoelimien tarve. Näiden määrittämiseen saa apua tehtaalta, ja niitä voi myös ostaa tilauksen yhteydessä.

Lapekuorma lastataan avokärryyn, joka suojataan pressulla. Suojauksesta tulee ylimääräisiä kustannuksia, ja myös sen purkamiseen on varattava aikaa.



Kuva 2. Pressulla suojattu lapekuorma odottamassa sitomista.

Pystykuormassa elementit lastataan ja puretaan nosturin avulla. Nostoapuvälineinä ovat yleensä nostoruuvit ja kuulapäänostimet. Pystykuormassa kärryn keskellä on A:n muotoinen elementtiteline eli vakki. Elementtiteline on yleensä 600 millimetrin levyinen. Pystykuormassa levyjä voidaan lastata telineen molemmin puolin tasaisesti noin 900 millimetrin paksuudelta. Vakkikärryä käytettäessä levyjä ei tarvitse suojata erikseen kuljetuksen ajaksi pressuilla, koska kärryssä on valmiina vedettävä suojapeite.



Kuva 3. Tyypillinen vakki CLT-levyjen kuljetuksessa.

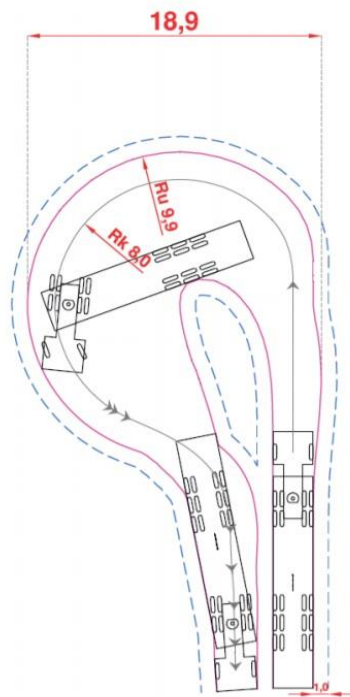
Vakki on lastattava siten, että alimmaksi tulee suurimmat levyt. Mikäli levyt ovat eri paksuisia, niitä ei voi lastata samaan kerrokseen. Suuriaukkoisia levyjä ei voi lastata suoraan vakkia vasten. Uloimpaan kerrokseen on jätettävä riittävän korkeat levyt, jotta kuorman sitomisen voi toteuttaa asianmukaisesti. Purettaessa levyt on nostettava vuorotellen telineen molemmilta puolilta, jotta tasapaino säilyy.

3.8 Kuorman purkupaikan vaatimukset

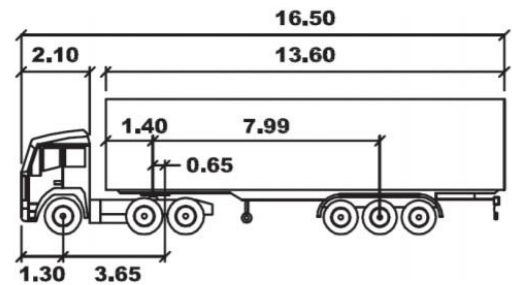
Puoliperävaunuyhdistelmän on päästävä esteettömästi purkupaikalle. Tien ja risteysten leveyden on oltava riittävät. Lisäksi tien kantavuus myös reuna-alueilla on varmistettava. Tiealueella olevat autoa naarmuttavat puut ja oksat on poistettava.

Toimituksen vastaanottajan ja kuljetusyhtiön edustajan tulee käydä päivää ennen toimitusta läpi aikataulu, tarkka toimitusosoite, purkukalusto ja olosuhteet sekä purkutapa. Toimitukseen voi vaikuttaa myös se, asennetaanko levyt suoraan kuormasta, vai onko tarkoitus käyttää välivarastoa.

Purkuaikaa on varattu kaksi tuntia siitä, kun kuorma on purettavissa. Mikäli auton saaminen lopulliselle purkupaikalle on erityisen haastavaa, alkaa purkuaika kuulua jo auton saavuttua kohteen läheisyyteen. Yli menevästä purkuajasta koituu asiakkaalle lisäkustannuksia 80 euroa alkavaa tuntia kohden.



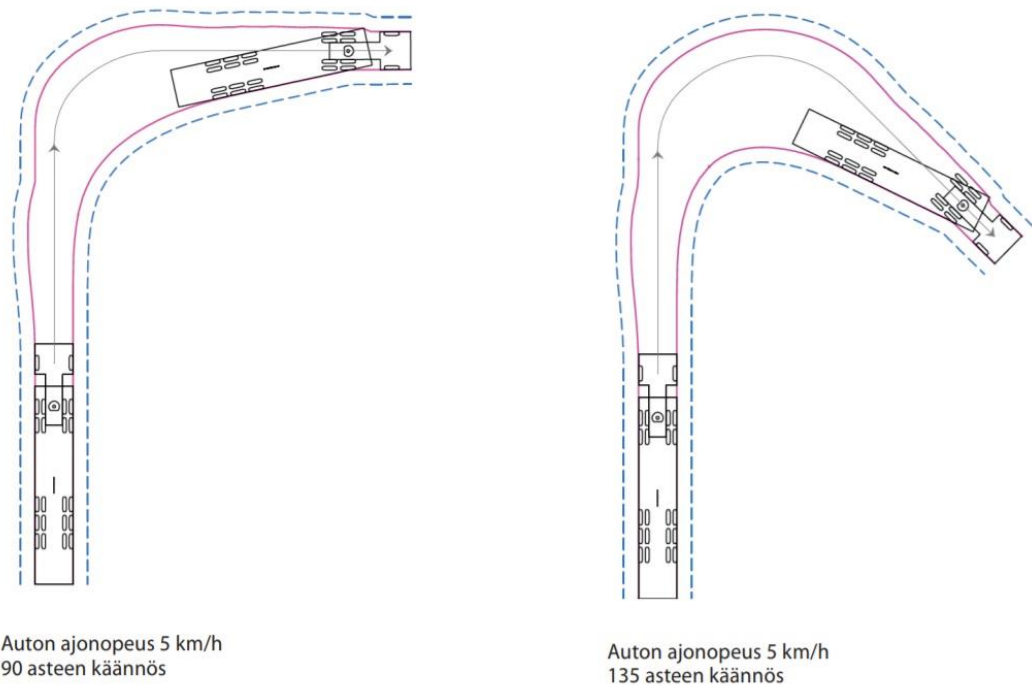
ajonopeus 5 km/h



Kuorma-auton ja puoliperävaunun yhdistelmä

leveys	2,6 m
pituus	16,5 m
raideleveys	2,3 m
ohjauspyörän kääntöaika (ääriasento – äääriasento)	6,0 s
kääntökulma, α max.	27,0 °
R_s	–
R_k	8,0 m
R_u	9,9 m

Kuva 4. Puoliperävaunun yhdistelmän kääntösäde. [18.]



Kuva 5. Puoliperävaunun kääntö 90 asteen kulmaan. [18.]

3.9 Varastointi

Levyt voidaan varastoida tasaiselle alustalle vaakaan, ja jokaisen levyn väliin laitetaan pitkät ja tasaiset välipuut. Pystyssä varastoiminen on kuitenkin suositeltavampaa. Alustan tulisi olla irti maasta vähintään 10 senttimetriä, kun levyt varastoidaan hetkellisesti esimerkiksi asennustyön aikana. Pitkäaikaisemmassa varastoinnissa levyt eivät saa olla alle 30 senttimetrin korkeudella maanpinnasta. Suojapeitteet eivät saa olla suorassa kosketuksessa levyyn, vaan niiden väliin on jätettävä ilmarako. Levyjen varastoinnissa on huomioitava sateen ja kosteuden vaikutus. Myös auringon UV-säteily voi vaikuttaa pinnan ulkonäköön. Lisäksi epätasainen varastointipaikka voi aiheuttaa turhia taipumia levyihin. Pitkäaikaista varastointia tulee välttää. Levyjen väliin voidaan lisäksi laittaa naarmuuntumiselta suojaavaa materiaalia jo tehtaalla.

3.10 Nostoapuvälineet ja nostaminen

Eri nostoapuvälineitä valmistavilla yrityksillä on omat ohjeensa niiden oikeaan käyttöön. Rakentajan tulee tutustua valmistajan ohjeisiin ennen nostotyön aloitusta. Nostoapuvälineitä voidaan myös myydä tilauksen mukana. Crosslamin toimittamien, CLT-levyille soveltuvien nostoapuvälineiden käyttöohjeet sekä käyttöopastus annetaan asiakkaalle levytehtaalta ennen toimitusta.

Levyjen nostossa käytetään asennuksessa usein nostoruuveja ja niihin sopivia kiinnikkeitä. Nostoruuvit kiinnitetään aina poikkilamelliin, ja niiden tulee olla samanmittaisia. Nostoruuveja on oltava aina parillinen määrä. **Kun nostoruuveja on kerran käytetty, ne tulee ehdottomasti vaihtaa uusiin.** Mikäli nostoruuvien käyttämättömyydestä ei ole varmuutta, on se aina vaihdettava. Tehtaalla ei jätetä nostoruuveja levyihin valmiiksi työturvallisuuden takia. Tämä tulee huomioida nostoruuveja tilattaessa ja mahdollista levykuorman purku- ja asennusaikaa arvioidaessa.

Nostoliinoja voidaan käyttää elementtiasennuksessa edellyttäen, että niille työtetään urat elementtien pohjalle. Näkyvissä levyissä suositellaan käyttämään kulmasuojia, jolloin levyjen reunat eivät vahingoitu. Kulmatuki voi olla yksinkertaisimmillaan vain pahvinen kulma. Joissakin tapauksissa esimerkiksi ohut pontti on tuettava noston ajaksi ponttiin vahvikkeeksi ruuvattavalla puukappaleella.



Kuva 6. Nostoliinaa varten työstetty ura levyn pohjalla.

Suuria aukkoja sisältävät elementit ja tilaelementit suositellaan nostettavaksi pystyssä, jolloin vältetään isojen rikkoutumisten tai taipumisten syntymiseltä. Isot aukot voidaan myös työstää niin, että ne jäävät vielä osittain levyyn kiinni kuljetuksen ajaksi. Suunnittelijan tulee ilmoittaa tehtaalle hyvissä ajoin, mikäli tähän ratkaisuun päädytään.

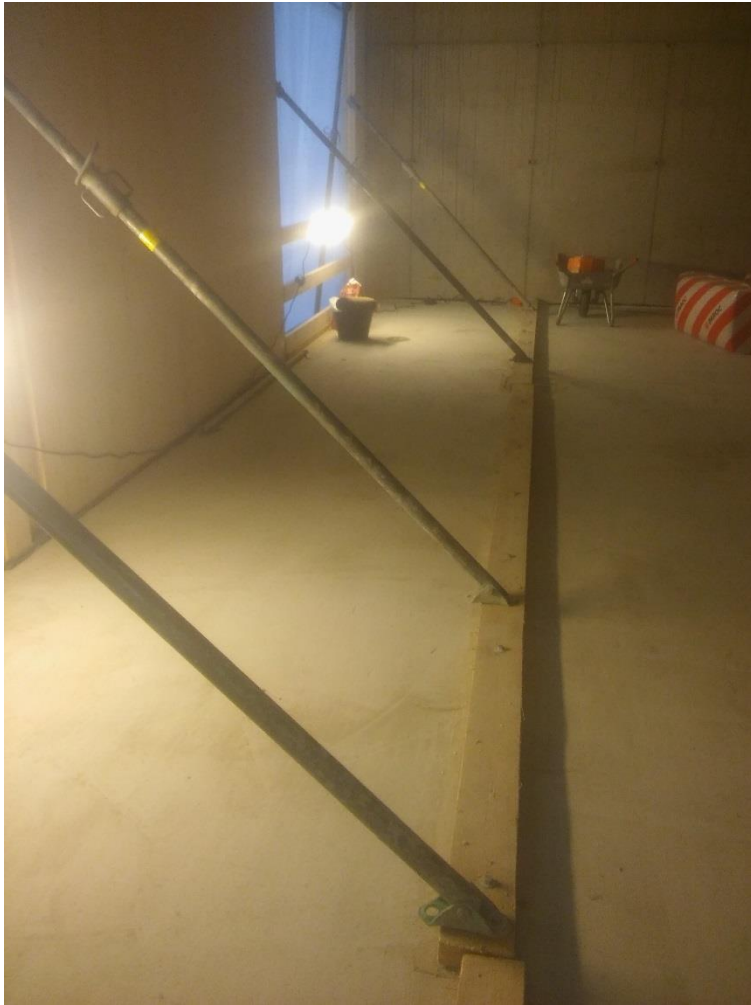
3.11 Asennustyön kulku

Ennen elementtien asennusta tarkastetaan perustusten tasaisuus- ja mittapoikkeamat siten, että ne ovat ± 1 mm kokonaistoleranssin rajoissa. Kun asennusjärjestys selvitetty, voidaan asennustyö aloittaa. Kuorma tarkastetaan lähetyslistan avulla levyjen tultua työmaalle. CLT-levyjen asennus ei juuri poikkea tavallisesta elementtiasennuksesta. Levyjen asennussuunnitelma tulee olla valmiina, jolloin varmistetaan, että kaikki asiat tulee varmasti huomioitua. Crosslamilta saa tarvittaessa laajan asennustyöohjeen. Levyjen asennuksessa riittää noin 3–5 hengen työryhmä.

Työvälineiksi varataan mahdollisimman järeät porakoneet tai iskevät ruuvinvääntimet, joilla onnistuu myös isojen nostoruuvien kiinnitys ja irrotus. Lisäksi akkukäyttöinen massapuristin auttaa saumamassan levityksessä. Levyjen työstöjen pyöreitä kulmia voidaan tarvittaessa teroittaa monitoimikoneella.

Asennustyöhön tulee varata valmiiksi noin 40 senttimetriä pitkiä lautoja, joita hyödyntäen levyt voi pakottaa ruuvilla vedättäen tarkasti ponttiinsa. Tämä on tarpeen varsinkin alle 80 mm levyissä, koska niissä nostotyön aikainen pieni taipuminen voi muuten vaikeuttaa asennusta. Levyjen asennusaikaisessa tuennassa voidaan käyttää elementtitukia, jotka ruuvataan/pultataan lattiaan ja elementtien kylkeen. Elementtitukien täytyy olla millintarkasti säädettäviä, mikä on huomiotava tukia hankittaessa.

Näkyville pinnoille tulevien asennusruuvien kohdat voi esiporata esimerkiksi 20 mm oksaporalla, jolloin ruuvien kannat voidaan peittää puutapeilla. Asennustyön jälkeen levyt voidaan vielä hioa pintakäsittelyä varten, esimerkiksi karkeudella P180.



Kuva 7. Esimerkki levyn asennusaikaisesta tuennasta ”tönäreiden” avulla.

3.12 Työturvallisuudesta erityisesti huomioitavaa

Kun elementtikuormaa puretaan yli kahden metrin korkeudessa, on työntekijöiden putoaminen estettävä. Elementtejä nostettaessa on huomioitava, ettei nostoja tehdä työntekijöiden yli. Nostoalueella ei myöskään saa olla sinne kuuluma-tonta liikennettä. Turha kulku estetään tarvittaessa. Nostotyöstä tulee tehdä nostosuunnitelma.

3.13 Projektin aikainen neuvonta

Crosslam toimittaa asiakkaan halutessa tarkempaa lisätietoa esimerkiksi suunnitteluun, kosteudenhallintaan, purkupaikan vaatimukseen ja itse levyjen asentamiseen. Yrityksellä on myös tietoa CLT-asennuksiin erikoistuneista toimijoista eri puolilla Suomea. Mikäli koet tarvitsevasi apua esimerkiksi levyjen asennuksessa, ota asia esille jo tarjousvaiheessa. Voimme myös auttaa sopivien yhteistyökumppaneiden löytymisessä.

4 Pinnanlaadut

4.1 Yleisimmät pinnanlaadut ja ulkonäkö

Seuraavilla sivuilla esitetään kuvien avulla yleisimpiä pinnanlaatuja. Levyjen pinta voi jäädä näkyviin, jolloin sen pinnanlaatu on piiloon jäävää parempi. Näkyvän pinnanlaadun levyissä on ei-näkyvään laatuun verrattuna vähemmän mustia oksia, rosoja, pihkaisuutta ja halkeamia. Puun lamellien laatu on myös hieman parempaa ei näkyvään laatuun verrattuna. Myös näkyvän pinnan levyjä voidaan kitata tehtaalla tarvittaessa, esimerkiksi yksittäisen ruman oksan tai naarmun paikkaamiseksi.

Näkyvän pinnan levyt hiotaan koneellisesti tehtaalla useimmiten karkeuksilla P60 ja P100. Tehtaan hionnasta huolimatta levyt kannattaa viimeistellä hiomalla ne vielä kertaalleen asennuksen jälkeen. Näkyvä pinta voi olla kuusta, mäntyä tai lämpökäsiteltyä mäntyä. Lisäksi erilaisilla pintakäsittelyaineilla levyjen ulkonäköä voi muuttaa lähes rajattomasti.

Useimmiten Crosslamin valmistamat näkyvän pinnan levyt ovat kuusta. Visuaalisesti kuusi on mäntyn verrattuna vaaleampi, ja oksat ovat pienempiä ja pyöreäköjä. Mäntypintainen levy on taas usein kellertävämpää, suurioksisempaa, ja puun syykuvio erottuu selvemmin. Eri puulajien ja materiaalien sekä lamellis suunnan valinnalla voidaan vaikuttaa paljon rakennuksen ulkonäköön.



Kuva 8. L-mallin levy. Pinnanlaatu ei-näkyvä kuusi. Ei-näkyvässä levyssä voi olla myös höylävajaata pintaa.



Kuva 2. Kuusipintainen levy, pinnanlaatu näkyvä. Kuvassa levyn reunat ovat myös näkyviä.



Kuva 3. Kuusipintainen levy, pinnanlaatu näkyvä.

4.2 Mikroviiste

Mikroviisteen avulla voidaan toteuttaa näyttäviä seinäpintoja. Viisteiden koko voi vaihdella yhdestä millimetristä kolmeen millimetriin. Viisteet tehdään höylällä pintalamellin reunaan, jolloin niiden välinen etäisyys riippuu käytettävän pintalamellin leveydestä. Parhaiten viiste onnistuu 25x125 mm ja 34x135 mm pintalamelleja käytettäessä. Isomman viisteiden tekeminen tai suuremman pintalamellin käyttäminen on tapauskohtaista.





Kuva 11. Esimerkki mikroviisteestä mäntypintaisessa levyssä. Pinnanlaatu näkyvä.



Kuva 12. Esimerkki mikroviisteestä mäntypintaisessa levyssä. Pinnanlaatu näkyvä.

4.3 Crosslamin laatumääritteet näkyville pinnoille

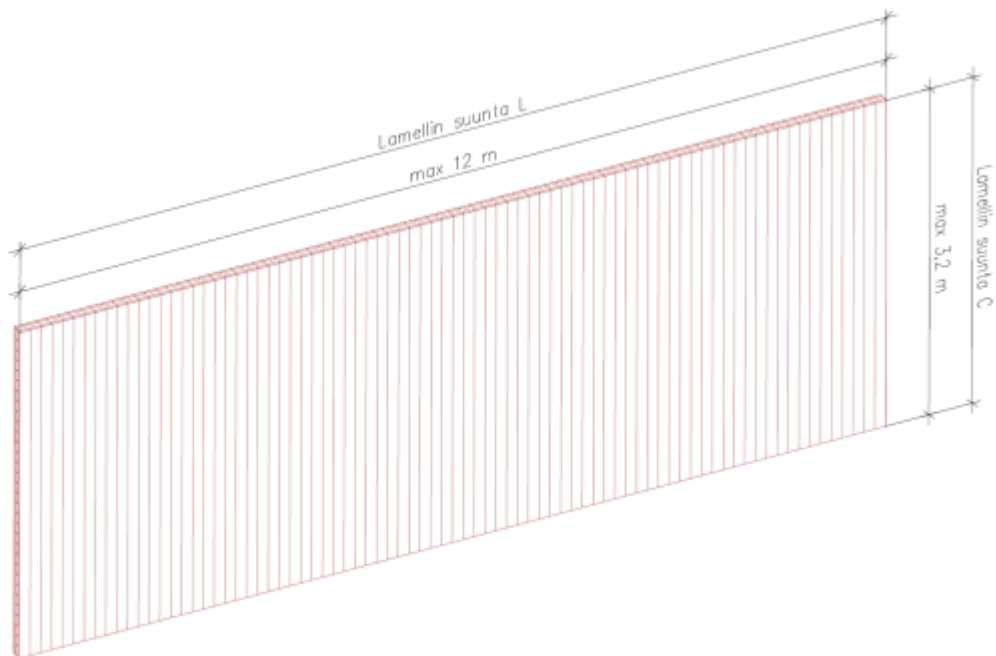
CrossLam Kuhmo CLT massiivipuulaatta	Ei näkyvä pinta	Näkyvä pinta
Lamellien peruslaatu lujuuden osalta	C24	C24
Käytettävän sahatavaran visuaaliset laatuvaatimukset	ei vaatimuksia	Pohjoismainen sahatavara - Lajitteluohjeet, laatuluokitustaulukon laatu B mukaan
Paksuus	+/-1 mm	+/-1 mm
Leveys	+/-3 mm	+/-3 mm
Pituus	+/-3 mm	+/-3 mm
Puumateriaali	kuusi / mänty	kuusi / mänty
Pinta	höylätty	karkeahiottu
Pintalamellin kosteus	max. 15 %	max. 12 %
Pinnan laatu	ei vaatimusta	pieni satunnainen vika sallittu
Pintavikojen paikkaaminen	sallittu	sallittu
Sormijatkos pintakerroksessa	sallittu	sallittu
Rako rinnakkaisten lautojen välissä - joka toisessa saumassa - 10 % saumoista	max. 2 mm max. 5 mm	max. 2 mm
Työstö		
Sirkkelillä	sallittu	sallittu
Spiraaliijyrsimellä	sallittu	sallittu
Kiekkoiijyrsimellä	sallittu	sallittu
		
	esimerkki ei näkyvästä pinnasta	esimerkki näkyvästä pinnasta

Taulukko 1. Crosslamin laatumääritteet. [25.]

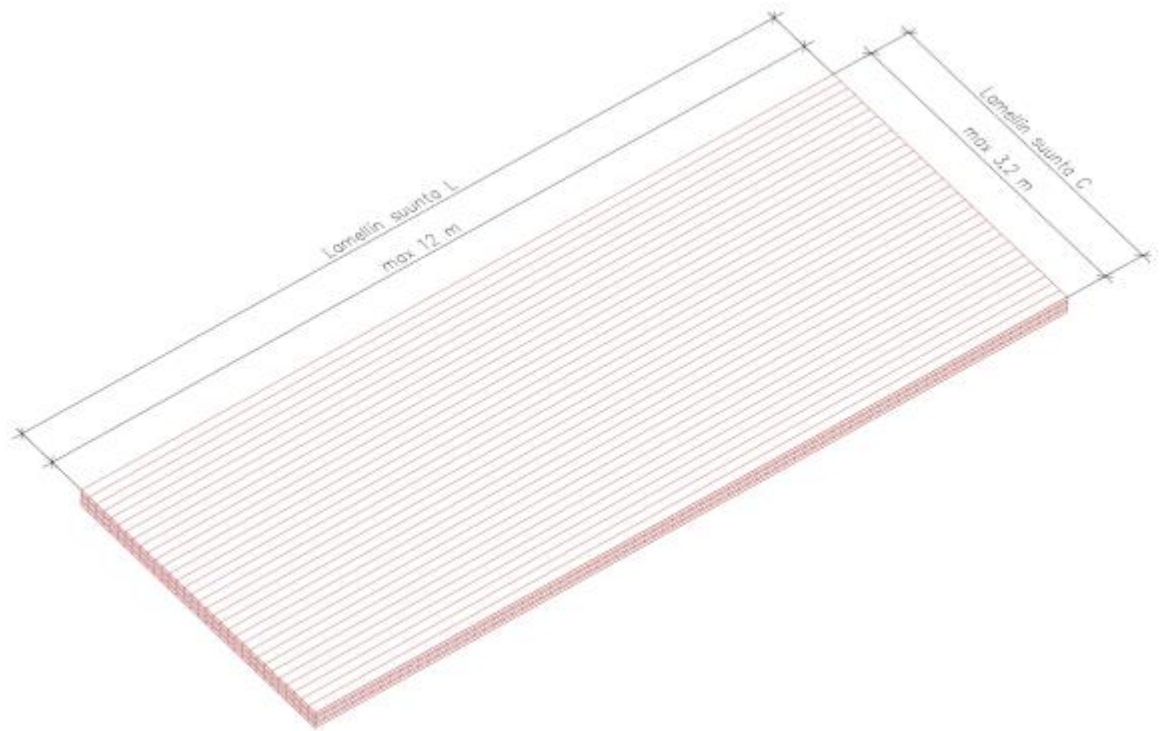
5 Suunnitteluohje

5.1 Levyjen mitat ja levymallit

Kohteen rakenne/pääsuunnittelija tekee elementtikuvat sen pohjalta, millaisia levyjen halutaan olevan. Talon kuvien luonnosvaiheessa voidaan päättää esimerkiksi se, ovatko levyjen pintalamellit pysty- vai vaakasuunnassa, eli ovatko levyt C vai L-mallia. Myös levyjen ja rakenteiden tavoitellut mitat selviävät usein arkkitehtikuvista. Hyvä toimintajärjestys pienrakennuksen suunnitteluun on selitetty toimintamallin osiossa ”Suunnittelijat”.




Kuva 13. C-levyn rakenne. C-levyssä pintalamellit kulkevat lyhyemmän sivun suuntaan. [25]




Kuva 14. L-levyn rakenne. L-levyssä pintalamellit kulkevat pidemmän sivun suuntaan. [25]

5.2 Crosslamin tuoterakenne

Tuoterakennetaulukossa ensimmäinen kirjain ilmaisee levyn pintalamellin suunnan. C ilmaisee leveyttä ja L pituutta. Kirjaimen jälkeinen numero ilmaisee lamelikerrosten lukumäärän. Keskimäinen numero kertoo levyn paksuuden millimetreinä. Viimeinen numero tarkoittaa pintalamellin paksuutta.

C Panel 

		1	2	3	4	5	6	7
nr.	paksuus mm	C	L	C	L	C	L	C
C3-60-20	60	20	20	20				
C3-70-20	70	20	30	20				
C3-80-20	80	20	40	20				
C3-80-30	80	30	20	30				
C3-90-30	90	30	30	30				
C3-90-20	90	20	50	20				
C3-100-30	100	30	40	30				
C3-100-40	100	40	20	40				
C3-110-30	110	30	50	30				
C3-120-40	120	40	40	40				
C3-130-50	130	50	30	50				
C3-140-50	140	50	40	50				
C3-160-60	160	60	40	60				
C5-100-20	100	20	20	20	20	20		
C5-120-20	120	20	30	20	30	20		
C5-130-30	130	30	20	30	20	30		
C5-150-30	150	30	30	30	30	30		
C5-160-40	160	40	20	40	20	40		
C5-180-40	180	40	30	40	30	40		
C5-200-40	200	40	40	40	40	40		
C5-220-60	220	60	20	60	20	60		
C5-240-40	240	40	60	40	60	40		
C7-140-20	140	20	20	20	20	20	20	20
C7-180-30	180	30	20	30	20	30	20	30
C7-200-20	200	20	40	20	40	20	40	20
C7-220-40	220	40	20	40	20	40	20	40
C7-240-30	240	30	40	30	40	30	40	30
C7-260-50	260	50	20	50	20	50	20	50
C7-300-60	300	60	20	60	20	60	20	60



L Panel


nr.	paksuus mm	1	2	3	4	5	6	7
		L	C	L	C	L	C	L
L3-60-20	60	20	20	20				
L3-70-20	70	20	30	20				
L3-80-20	80	20	40	20				
L3-80-30	80	30	20	30				
L3-90-30	90	30	30	30				
L3-90-20	90	20	50	20				
L3-100-30	100	30	40	30				
L3-100-40	100	40	20	40				
L3-110-30	110	30	50	30				
L3-120-40	120	40	40	40				
L3-130-50	130	50	30	50				
L3-140-50	140	50	40	50				
L3-160-60	160	60	40	60				
L5-100-20	100	20	20	20	20	20		
L5-120-20	120	20	30	20	30	20		
L5-130-30	130	30	20	30	20	30		
L5-150-30	150	30	30	30	30	30		
L5-160-40	160	40	20	40	20	40		
L5-180-40	180	40	30	40	30	40		
L5-200-40	200	40	40	40	40	40		
L5-220-60	220	60	20	60	20	60		
L5-240-40	240	40	60	40	60	40		
L7-140-20	140	20	20	20	20	20	20	20
L7-180-30	180	30	20	30	20	30	20	30
L7-200-20	200	20	40	20	40	20	40	20
L7-220-40	220	40	20	40	20	40	20	40
C7-240-30	240	30	40	30	40	30	40	30
L7-260-50	260	50	20	50	20	50	20	50
L7-300-60	300	60	20	60	20	60	20	60

Taulukko 2. Crosslamin valmistamien CLT-levyjen tuoterakenne. [25]

Levykerroksia on aina pariton määrä, joko kolme, viisi tai seitsemän.

5.3 Levytyypin valinta

RAKENNESUUNNITTELIJAN ON MÄÄRITETTÄVÄ LEVYTYYPIT AINA KOHTEITTAIN! Levytyyppiin vaikuttavat esimerkiksi lamellien suunta, kuormat ja rakenneratkaisut. Ennen levytyyppien valintaa kannattaa kuitenkin tutustua alla oleviin yleisimpiin, suuntaa antaviin rakenneratkaisuihin.

5.4 Yleiset rakenneratkaisut pientaloissa CLT:tä hyödyntäen

Ulkoseinä:

Sisältä ulospäin: 100 mm **C3-100-30** -CLT-levy, 200–225 mm villaeriste, tuulensuoja, julkisivu mahdollisine koolauksineen (periaatekuva alla).



Kuva 15. Yleinen seinärakenne CLT:tä hyödyntäen.

Kuvan 16 esimerkkirakenteessa koolaus on kiinnitetty ruuvaamalla. Työmaalla tällaisen rakenteen toteutuksessa voi tarvittaessa käyttää liimaa villan ja CLT-levyn välissä asennustyön helpottamiseksi. Tarvittaessa koolauspuiden alle laitetaan painuman estävät välkkeet. Rakenteen avulla kylmäsiltojen määrä voidaan minimoida.

Tällaisen seinärakenteen U-arvoksi Puuinfon nettisivuilta löytyvän U-arvolaskurin avulla saadaan noin $0,172\text{W/m}^2\text{K}$ tai $0,156\text{W/m}^2\text{K}$ eristepaksuudesta ja sen laadusta riippuen. CLT:n U-arvolaskentaa on käsitelty tarkemmin osiossa 5.11.

Ulkoseinä, kun lopullinen levy on yli 3200 mm korkea:

Sisältä ulospäin: 100 mm **L3-100-30** -CLT-levy, 200–225 mm villaeriste, tuulensuojalevy, julkisivu mahdollisine koolauksineen.

Esimerkiksi kun talon päädyssä rakenne on yli 3200 mm korkea, voidaan C-levyn lamellisuunta säilyttää suunnittelemalla rakenne L-levyllä. Tällöin L-levy ”käännetään” 90 astetta ympäri. Tämä ratkaisu on kuitenkin aina rakennesuunnittelijan hyväksyttävä tapauskohtaisesti. Mikäli levyjen pinta-lamellien jako halutaan säilyttää, tulee elementtikuviin merkitä ”lamellikohdistus”-teksti. Kuvaan tulee myös merkitä kohdistus viivalla ja/tai nuolella.

Väliseinä:

Sisältä ulospäin: 80 mm **C3-80-30**. Kovin pienen rakennuksen väliseinät kannattaa usein tehdä samasta levytyypistä muidenkin rakenteiden kanssa, jolloin kustannukset tulevat edullisemmiksi erillisten puristusten jäädessä pois.

Välipohja:

Kantaviin välipohjiin pientaloissa **L5-200-40**, eli 200 mm levy. Välipohjan yläpintaan tulee usein erillinen lattiamateriaali askeläänieristeineen. Myös pieni eristekerros on mahdollinen.

Yläpohja:

Mikäli yläpohjan kantavuus on järjestetty esimerkiksi kattotuolien avulla, kannattaa levyksi valita esimerkiksi 60 mm **L3-60-20** CLT, joka ruuvataan kattotuolien alapuolelle. Tällöin yläpohjan eristämisen voi toteuttaa normaalisti esimerkiksi mineraalivillalla.

Alapohja:

Kantaviin alapohjiin käy usein sama levypaksuus kuin välipohjiinkin. Lisäeriste ja mahdollinen tuulensuojalevy tuulettuvassa alapohjarakenteessa tehdään rakennesuunnittelijan mitoitusten mukaan.

Massiivi CLT ulkoseinä:

260 mm **L7-260-50**. Massiivi CLT-seinän ulkopintaan on laitettava lisäksi ulkokuuraus julkisivun säänsuojauksen varmistamiseksi. Tällaisen seinärakenteen U-arvoksi Puuinfon nettisivuilta löytyvän U-arvolaskurin avulla saadaan noin 0,3812W/m²K. CLT:n U-arvolaskentaa on käsitelty tarkemmin osiossa 5.11.

5.5 Levyjen mitoitus ja kappalejaon määrittäminen

Puristusvaiheessa levyn leveys on oltava 2500–3200, ja pituus 4000–12000 millimetriä työstövaroineen. Työstövara on noin 100–150 mm molemmissa suunnissa. Käytännössä lopullisten levyjen maksimimitana kannattaa pitää 3100 x 11900 millimetriä, niin työstövarat varmasti riittävät. Myös esimerkiksi yksittäisen pienen kappaleen tekeminen ei ole järkevää 2500 mm x 4000 mm minimivaatimuksen takia.

Puristusvaiheessa levyjen tulee olla mahdollisimman suuria, jolloin niiden valmistus toimii tehokkaasti. 60 mm paksuja levyjä on puristettava aina **kaksi** samankokoista päällekkäin valmistusteknisistä syistä. Tämän johdosta kovin pieniä osia ei ole kannattavaa tehdä 60 mm levyistä.

Kun isot levyt on puristettu, ne voidaan hioa ja työstää haluttuun kokoon ja muotoon CNC-koneella. Osassa 6 on selitetty tarkemmin Crosslamin CNC-koneen työstömahdollisuudet.

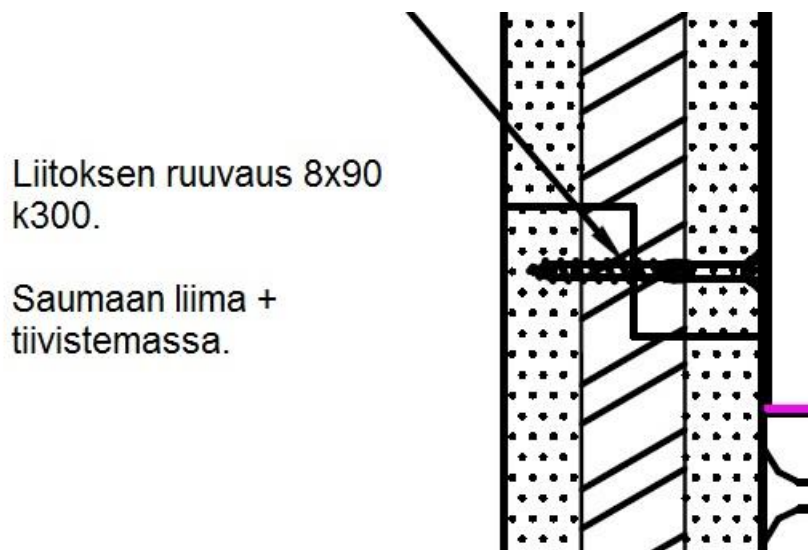
Levyjen mitoituksessa kannattaa huomioida myös mahdollisten EPDM-kumitiivisteiden vaatima tila. Varsinkin viimeisten levyjen asennus voi olla haastavaa, jos

levyt on mitoitettu liian tiiviisti. Esimerkiksi paisuvan uretaanivaahdon tai vastaavan massan käyttämistä viimeisen levyn liitoksen tiivistämiseen kannattaa harkita.

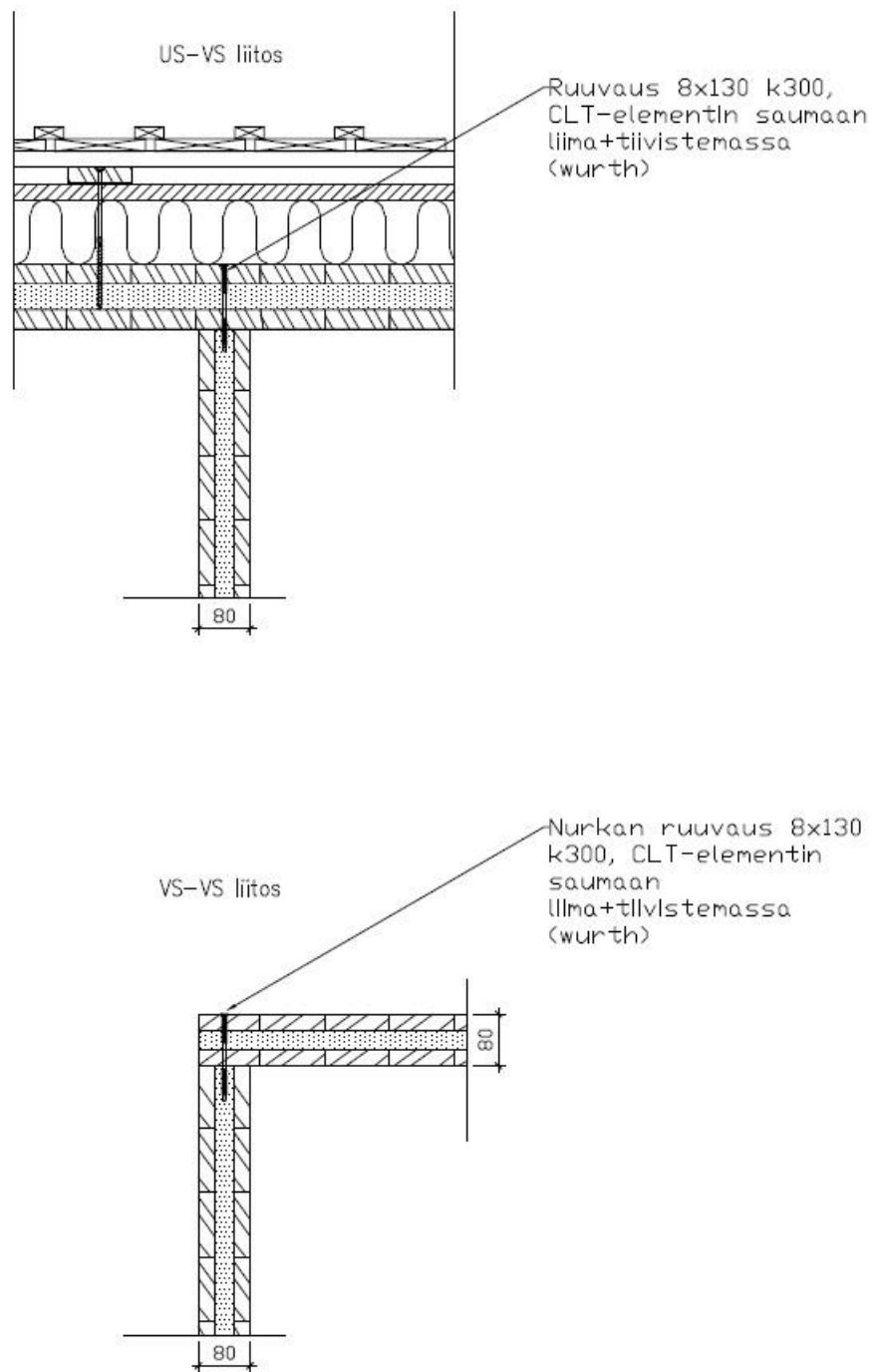
5.6 Ponttiliitokset

Lähtökohtaisesti CLT-levyjen liitokset kannattaa suunnitella toteutettavaksi yksinkertaisella puolipontilla, jonka väliin tulee saumamassa ja/tai kumitiiviste. Yksinkertainen puolipontti käy hyvin levyjen välisiin liitoksiin seinissä, nurkissa sekä ala-, väli- ja yläpohjissa. Se on myös kaikkein nopein ja edullisin toteuttaa. Liitoksia ja niiden sijoittelua kannattaa miettiä jo suunnitteluvaiheessa, jotta saumoista saadaan siistit ja tiiviit. Esimerkiksi korkeassa tilassa lamellisuunnan säilymiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Mikäli yksinkertainen liitos ei rakenteellisista syistä ole mahdollinen, on mietittävä toisenlaisia ratkaisuja. Kaikkien liitosten asianmukaisuus on rakennesuunnittelijan varmistettava kunkin kohteen mukaan erikseen.



Kuva 16. Esimerkki yksinkertaisen puoliponttiliitoksen toteutuksesta eräässä seinärakenteessa. Yksinkertaisella puolipontilla voi toteuttaa myös nurkkaliitokset edullisesti. [29.]



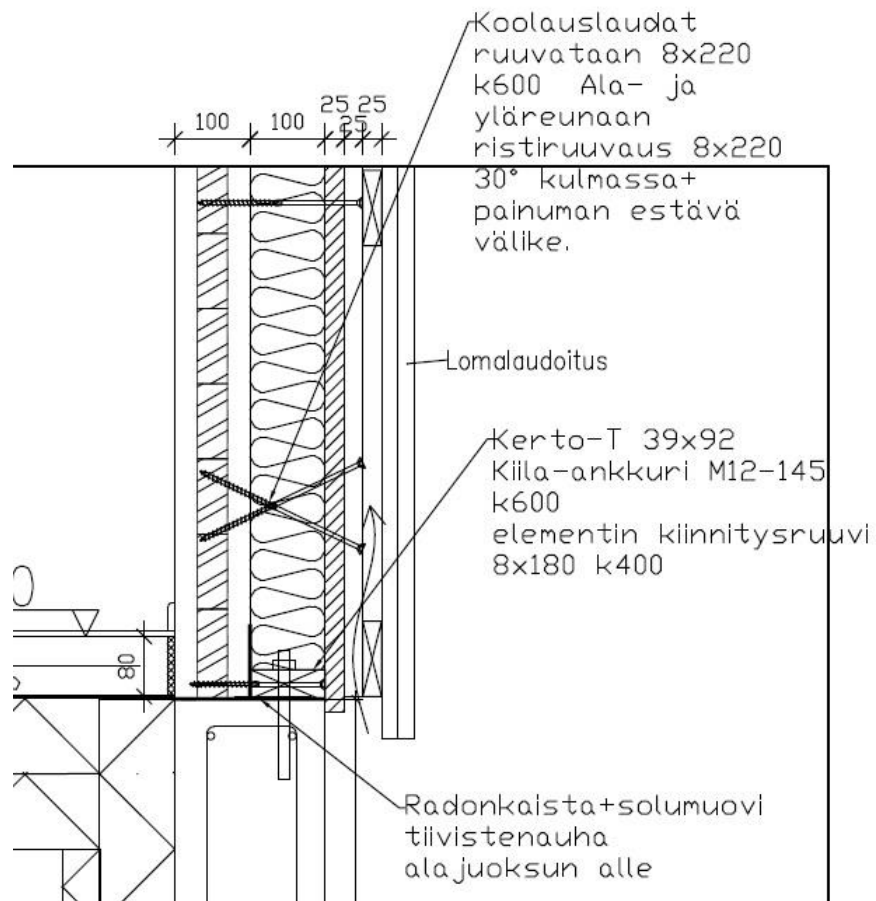
Kuva 4 Esimerkkejä yksinkertaisista ja toimivista nurkkaliitoksista. [29]

Suurien aukkojen suunnittelussa voi olla edullisempää toteuttaa aukkojen yläpuolet suoraan erilaisilla palkkiratkaisuilla, mikäli näin voidaan välttää isot hukkapalat. CLT-levy on kuitenkin hyvä ja kestävä materiaali myös useimpien palkkien tilalle, ja hukkapaloja voi usein hyödyntää muihin rakenteisiin.

5.7 Liitosten kiinnitys ruuvaamalla

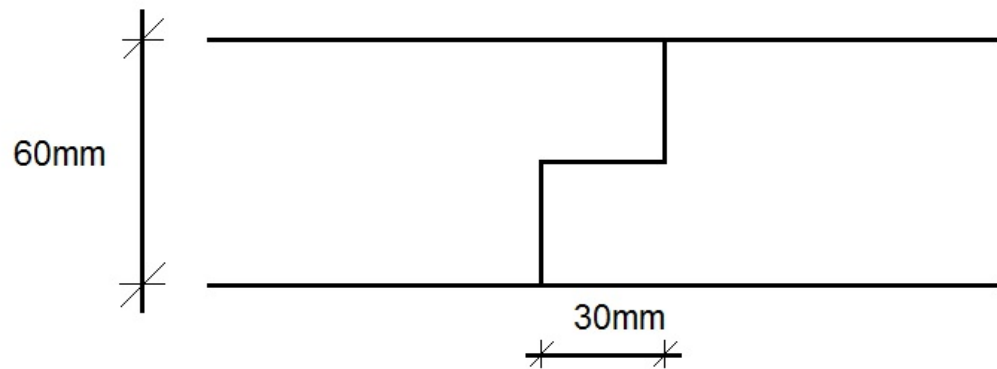
Seinissä villaeristeen voi kiinnittää CLT-levyyn pitkillä ruuveilla välikkeiden/tallojen avulla eristeen painumisen estämiseksi. **Ruuvien tyyppin, jaon ja kulman päättää rakennesuunnittelija.** Esimerkiksi yksi ratkaisu on laittaa puujulkisivun koolauslaudat ulkoseinässä kiinni 8x220 ruuveilla k 600-jaolla, nurkassa k 300-jaolla. Lautojen ylä- ja alareunaan tulee ristiruuvaus 8X320 30° kulmassa. Ruuvien ja lautojen väliin laitetaan painuman estävä välike. Kiinnitysruuvien on oltava korroosionkestoltaan vähintään kuumasinkittyjä.

Alajuoksuun levy voidaan kiinnittää sivustapäin ruuvaten. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää erillisiä, perusmuuriin laitettavia kiinnikkeitä. Kiinnitystapa tulee tarvittaessa huomioida jo perusmuuria tehdessä. Massiivi CLT- seinässä voi olla yksinkertainen puolipontti levyn alapinnassa alajuoksua varten, jonka avulla levy voidaan ruuvata kiinni alajuoksuun.



Kuva 18. Ruuvien asennusesimerkki. Kuvassa on myös tapa levyn kiinnittämiseksi alajuoksuun. [29.]

Yläpohjassa, kattotuolien varaan tulevaan 60 mm levyyn kannattaa usein tehdä 30 mm x 30 mm yksinkertainen pontti. Tällöin suunnittelijan kannattaa kirjoittaa kuvaan "lamellikohdistus" teksti, jotta pontin reunaan ei jää helposti irtoavaa pientä suikaletta.



Kuva 19. 60 mm yläpohjalevyn 30 mm x 30 mm yksinkertainen pontti. Lamellikohdistus huomioitava.

Mahdollisten nostovälineiden, kuten nostoruuvien paikat tai liinojen urat tulee myös huomioida jo elementtikuvien tekovaiheessa. Nostopisteiden sijainnin määrittäminen on rakenne/elementtisuunnittelijan työtä.

5.8 Elementtikuvien piirtäminen

Näkyvät levypinnat sekä lamellien suunnat tulee merkitä selkeästi elementtikuviin. Lamellien suunnan voi merkitä nuolella \updownarrow tai \leftrightarrow . Näkyvän pinnan merkitsemisessä voi käyttää merkintää **VI** = visual, näkyvä, sekä **NVI** = no visual, ei näkyvä.

Lisäksi elementtikuviin tulee merkitä **levyn suurimmat leveys- ja pituusmitat** sekä **aukkojen ja työstöjen mitat** selkeästi, jotta valmistus onnistuu kerralla.

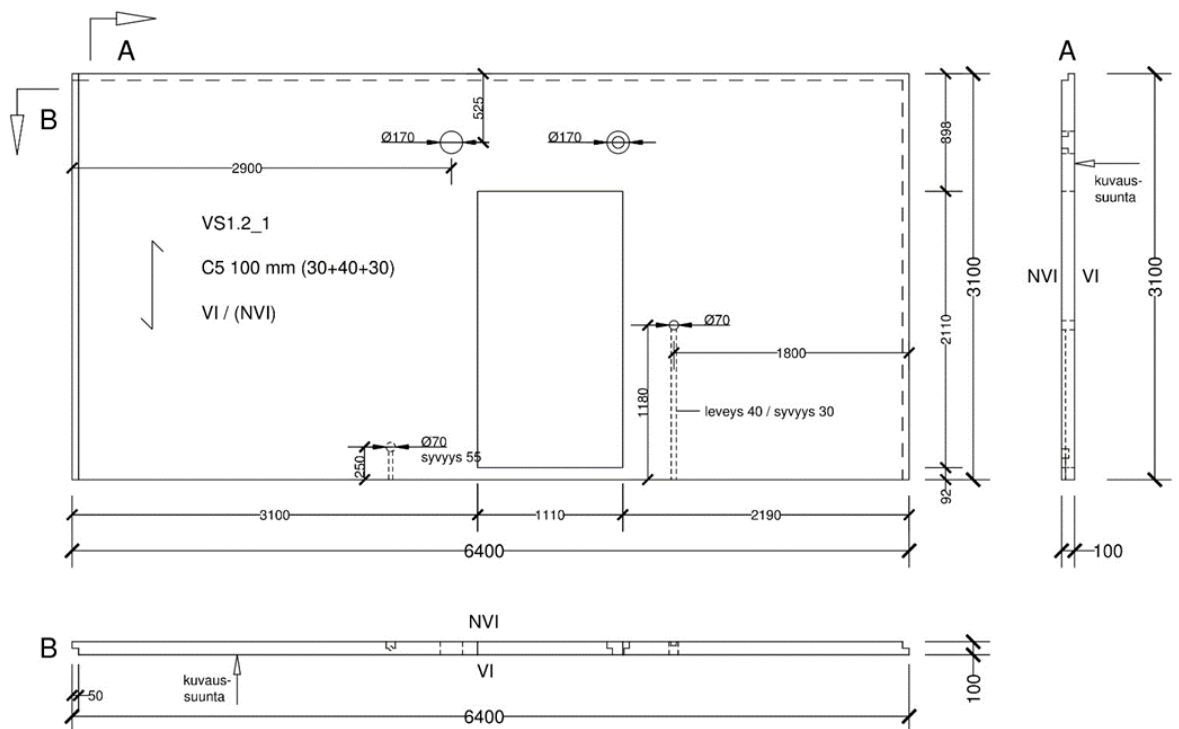
Jokaisen elementin kohdalle on merkittävä elementtitunnus, esimerkiksi US 1.1 tai VS 1.1.

5.9 Elementtikuvat, kuvausjärjestys ja suunnat

Elementtikuvat on oltava tehtaalla viimeistään kolmea viikkoa ennen levyjen valmistuksen aloittamista. Ne on oltava lähtökohtaisesti 3D-solidimuodossa piirretyt.

Elementtikuvissa on oltava:

- Elementti kuvattuna edestä, sekä leikkauskuva elementin päädystä
- Kuvaussuunta nuolella
- Elementtitunnus ja tyyppi joka levyssä, esim. US1.1 ja VS 2.1
- Lamellisuunta nuolella
- Molempien pintojen laatu (VI/(NVI) kuvauspuoli ensin mainittuna. VI = visual eli näkyvä, ja NVI = no visual eli ei näkyvä
- Aukotukset ja viisteet niin selkeästi, että virhetulkinnolle ei jää varaa. Huomaa esim. terävän nurkan ja tavanomaisen nurkan välinen ero CNC-koneella tehtävien työstöjen osiosta, sekä reunaylitys.
- Mitat omalla tasolla
- Sähköasiat ja työstöt (vakioidut työstökuvat), sähkörasian vakiokoko Ø on 70 ja 90 mm ja syvyys 55 mm
- Sähköputkitukset (pitkä reikä vai ura) [25.]



Kuva 20. Esimerkki elementtikuvasta tietoineen. [25.]

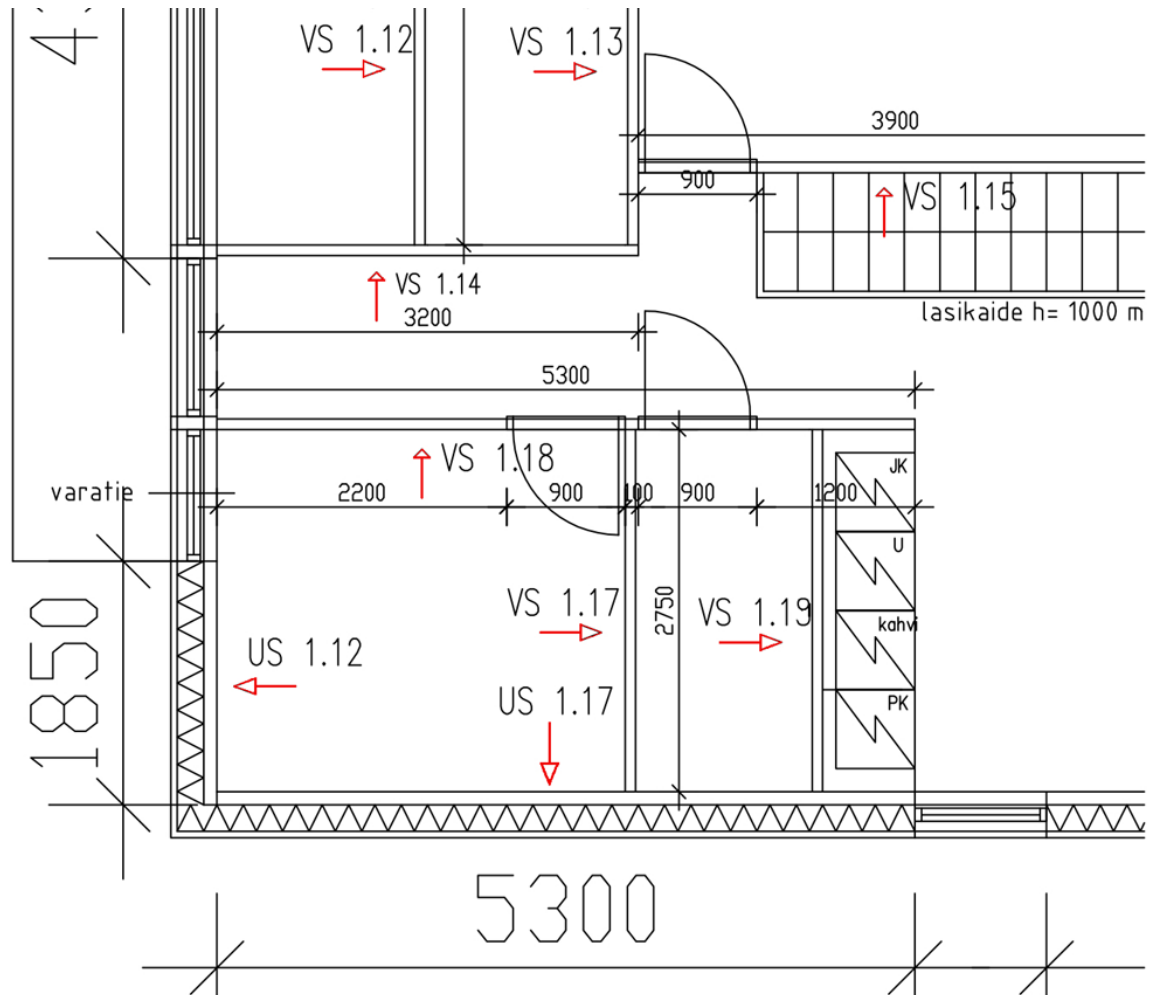
Elementtikuvat on järjestettävä asennus/toimitusjärjestyksen mukaisesti samoihin DWG-tiedostoihin, esimerkiksi:

- 1. US 1 krs
- 2. VS 1 krs
- 3. VP
- 4. US 2 krs
- 5. VS 2 krs
- jne.

Ulkoseinien elementtikuvat järjestetään asennusjärjestyksessä rakennuksen vasemmasta etukulmasta myötäpäivään kiertäen, kun taas väliseinät, ala-, väli- ja yläpohjat asennusjärjestyksen mukaan vasemmalta oikealle.

Ulkoseinät kuvataan sisältäpäin. Väliseinät kuvataan vasemmalta oikealle, ja alhaalta ylös. Kuvaussuunta on merkittävä nuolella elementtipohjakuvaan alla olevan kuvan mukaisesti.

Elementit käännetään DWG-tiedostossa xyz-koordinaatiston mukaisesti kaikki samoin päin, ja ne sijoitetaan mahdollisimman lähelle keskipistettä.



Kuva 21. Esimerkkikuva arkkitehtikuvasta elementtitunnusten kanssa. Huomaa kuvaussuuntaa osoittava nuoli. [25.]

5.10 Lujuuslaskenta

CLT-levyissä ristikkäin liimattujen lamelli- eli puulevykerrosten ansiosta kuormat jakautuvat kahteen suuntaan. Suunnittelu on siten joustavampaa, joten puurakenteiden suunnitteluun saadaan samankaltaisia mahdollisuuksia, joita nykyään voidaan tehdä vain teräsbetonin avulla.

Lamellien ristikkäisyydestä johtuen CLT-levyn lujuuslaskentaa ei kuitenkaan voi tehdä samalla tavalla kuin yhtenäisessä täyspuurakenteessa. Myöskään perinteisen liimapuun laskentatapa ei suoraan sovellu CLT:n käyttöön. Esimerkiksi kantavassa seinässä vain pystysuuntaiset lamellit voidaan käsitellä kantavana rakenneosana. CLT-levyrakenteiden lujuuslaskennassa voi käyttää apuna esimerkiksi Stora Enson suunnitteluohjelmaa, joka löytyy osoitteesta: <https://engineer.ct.info/> (CLT info 2017).

Ennen laskennan aloitusta on syytä muistaa, että CLT-levyille ei ole Suomessa vakioituja, yhteisiä tuotestantardeja ja mitoitusohjeita. Tästä syystä levyvalmistaja on hyvä olla tiedossa jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Eri levyvalmistajilla voi olla eroja muun muassa liukumoduulien, kimmokertoimien sekä hiiltymisnopeuden laskenta-arvoissa. Laskentaprosessi itsessään on kuitenkin tavanomainen.

Crosslamin levyjen ominaisuuksien laskentaa varten löytyy tietoa Crosslamin nettisivuilta, osoitteesta <http://www.crosslam.fi/>. Kohdan ”Tekniset määrittelyt” alta löytyy kaikki alla olevat tiedot laskennan avuksi. Tässä on myös suoria osoitteita ja linkkejä, mistä tietoa löytyy:

- Crosslamin tuoteominaisuudet -taulukko tarkempaa laskentaa ja rakennesuunnittelua varten:

http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/osa-1_tuoteominaisuudet.pdf

- Crosslamin VTT-sertifiointi (tuotesertifikaatti). Täältä löytyy myös paljon tietoa Crosslamin levyistä käytettävistä laskenta-arvoista:

<http://www.crosslam.fi/media/pdf/vtt-c-11272-14-crosslam-tuotesertifikaatti.pdf>

Lisäksi erilaisia mitoituslaskelmia varten tietoa löytyy seuraavilta sivuilta:

- [Seinän nurjahduskestävyys \(pdf\)](#)

http://www.crosslam.fi/media/pdf/esimerkki_1_seina-cc-88n-nurjahduskesta-cc-88vyys.pdf

- [Jäykistävän seinän kestävyys \(pdf\)](#)

http://www.crosslam.fi/media/pdf/esimerkki_2_ja-cc-88ykista-cc-88va-cc-88n-seina-cc-88n-kesta-cc-88vyys.pdf

- [Aukkopalkin kestävyys \(pdf\)](#)

http://www.crosslam.fi/media/pdf/esimerkki_3_aukkopalkin-kesta-cc-88vyys.pdf

- [Välipohjan kestävyys \(pdf\)](#)

http://www.crosslam.fi/media/pdf/esimerkki_4_va-cc-88lipohjan-kesta-cc-88vyys.pdf

- [Tukipainekestävyys \(pdf\)](#)

http://www.crosslam.fi/media/pdf/esimerkki_5_tukipainekesta-cc-88vyys.pdf

- [Crosslamin CLT levyn materiaaliarvot ja suunnittelusäännöt VTT-S-05748-17 mukaisesti](#)

RIL 205-1-2017 CrossLam Kuhmo CLT lisäohjeet 5.12.2017

(ei vielä linkkiä, löytyy googlen kautta pdf-muodossa)

5.11 CLT-rakenteen U-arvon laskenta ja määrittäminen

CLT-rakenteen U-arvon määrittämiseen löytyy valmis laskentaohjelma Puuinfon sivuilta, osoitteesta: <http://www.puuinfo.fi/mitoitusohjelmat/puurakenteen-u-arvon-m%C3%A4%C3%A4ritt%C3%A4minen>

Sivusto löytyy helposti myös Googlen kautta hakusanoilla ”lambda-arvo puuinfo”. Ohjelma määrittää U-arvon standardin SFS EN ISO 6946 mukaisesti. Ohjelma ei ole täysin tarkka, sillä se ei huomioi täysin esimerkiksi rakenteessa olevien tuulettumattomien tai vähän tuulettuvien ilmarakojen vaikutusta. Ohjelman avulla saadaan kuitenkin hahmoteltua oikean rakennepaksuuden suuruusluokka.

Crosslamin levyille ei ole määritelty tarkkaa lämmönjohtavuuden lambda (λ) -arvoa. Puuinfon laskuri antaa CLT:lle yleisesti λ -arvon 0.110W/Mk. Arvo on sama

kuin massiivipuulla. Tämän arvon käyttökelpoisuus tulee rakennesuunnittelijan varmistaa kohteittain.

5.12 CLT-levyissä käytettävä liima ja halkeilu

Levyt valmistetaan olosuhteissa, joissa ilman kosteus on suurehko. Tämän johdosta puun luonnolliselle elämiselle jää tilaa. Crosslamin CLT-levyjen lamellit on liimattu lapepinnalta, mutta ei syrjäpinnalta. Tämä mahdollistaa lamellien välisen halkeilun ja kosteuselämisen tasaisemmin lamellien välillä. Lapepinnan lisäksi myös syrjältäään liimatuissa levyissä halkeilu ei ole yhtä hallittua, ja silloin lamellit halkeilevat yleensä keskeltä.

CLT-levyissä käytetään myös lamellihirsistä tuttuja polyuretaaniliimoja jotka täyttävät prEN 16351:2013 -vaatimuksen delaminoitumisesta eli lamellien irtoilusta. Crosslam käyttää sormijatkoksissa PURBOND HB 530 -liimaa ja lapeliimauksessa PURBOND HB S-line -liimaa. Nämä ovat CLT-levyissä yleisesti käytössä olevia liimoja myös muualla maailmassa. Liimauksen onnistuminen varmistetaan laadunvalvonnassa.

CLT-levyn massiivinen puuaines muodostaa yhdessä saumojen EPDM-kumitiivistöiden ja/tai mahdollisten saumamassojen kanssa tiiviin rakenteen, joka estää ilmavuodot tehokkaasti. CLT-rakenteiseen taloon ei siten tarvita erillistä höyrynsulkua. Crosslamin levyjen tarkat tiedot ja mitoitusluokset vesihöyryntiiveydestä sekä palomitoituksesta saa tarvittaessa kysymällä tehtaan kautta.

5.13 Rakenteelliset yksityiskohdat ja liitostarvikkeet

Kun aikeissa on rakentaa pientalo CLT-levyjä hyödyntäen, kannattaa levyjen vaatimien kiinnitysratkaisujen vaihtoehtoihin tutustua jo varhain suunnitteluvaiheessa. Esimerkiksi alajuoksun ja elementtien välisten liitosten vaatimien tiivistysten ja kiinnitysten toteuttamiseen on useita tapoja. Esimerkiksi kun ulkoseinän paksu massiivi CLT-levy asennetaan valmiin perusmuurin päälle, tulee levyn vaatimien kiinnityspisteiden olla jo asennettu.

Levyt voi usein kiinnittää tavanomaisten, isojen ruuvien avulla, mutta erikoisempiin tapauksiin löytyy myös valmiita ratkaisuja.

Esimerkiksi italialainen Rothoblaas (www.rothoblaas.com) tuottaa valmiita osia, joilla CLT-levyjen liitoksia voidaan toteuttaa. Sivustolta löytyy liitos- ja tiivistysosia CLT-elementtien välille, sekä alapohjarakenteita vasten. Sivustolta voi ladata ”handbook for wooden buildings” -oppaan, jossa liitos- ja tuentaratkaisuja on esitetty. ”Wood connectors and timber plates” sekä ”handbook for timber frame buildings” -oppaissa on myös liitoskuvia sekä niihin käytettäviä tuotteita. Oppaat löytyvät parhaiten suoraan Googlesta.

Crosslam voi myös opastaa ja auttaa tarvittavien kiinnitys- ja liitososien sekä tarvikkeiden hankinnassa.

5.14 Palo-ominaisuudet

CLT-levyn palomitoitus ei pientaloissa juurikaan rajoita puupintojen näkyvyyttä, mikäli talo on enintään 2-kerroksinen ja kuuluu paloluokkaan P3. Crosslamin valmistamien CLT-levyjen pinnan paloluokka on D-s2, d0, ja hiiltymisnopeus $\beta_0 = 1,0$ mm/min. Palomitoituksessa käytettävät arvot vaihtelevat hieman levyvalmistajien mukaan, mikä on syytä muistaa. Todella suurissa tai erikoisissa kohteissa voidaan myös tehdä toiminnallinen palomitoitus normaalin taulukkomitoituksen sijasta.

CLT-levyjen palomitoituksessa on otettava huomioon, että hiiltymisen paloa hidastava vaikutus on käytännössä pienempi kuin tavallisella massiivipuulla. Tämä johtuu siitä, että kun lamellikerros palaa ja varisee pois voi sen alta paljastua hetkeksi hiiltymätöntä puuta liimakerroksen johdosta. Tällöin palaminen voi taas jatkaa hetkellisesti hieman nopeammin suojaavan hiilikerroksen puuttuessa.

Rakennesuunnittelijan on määritettävä kunkin kohteen rakenneratkaisut sekä paloturvallisuus yleisten sääntöjen mukaisesti. Puufon sivulta osoitteesta

http://www.puuinfo.fi/rakentaminen?c_171%5B14%5D=14 löytyy lisätietoa rakennusten paloturvallisuudesta ja sen vaikutuksesta rakenteisiin. Crosslamin levyjen tarkat palomitoitustiedot saa tarvittaessa kysymällä tehtaan kautta.

5.15 Puun ääneneristävyys

Puurakenteisissa taloissa ääneneristävyysvaatimusten täyttymisestä tulee huolehtia tarkoin, koska puu on suhteellisen kevyt materiaali. Ääneneristävyysvaatimusten täyttämiseksi esimerkiksi huoneistojen välisissä seinissä joudutaan usein turvautumaan kaksinkertaiseen kipsilevyrakenteeseen. Välipohjissa taas betonirakenteinen pintalaatta eristää tehokkaasti askelääniä.

Äänieristyksestä löytyy lisätietoa Puuinfon sivuilta osoitteesta http://www.puuinfo.fi/rakentaminen?c_171%5B15%5D=15 Kohdasta ”Akustiikka ja ääneneristys”

6 Crosslamin CNC-koneen työstömahdollisuudet

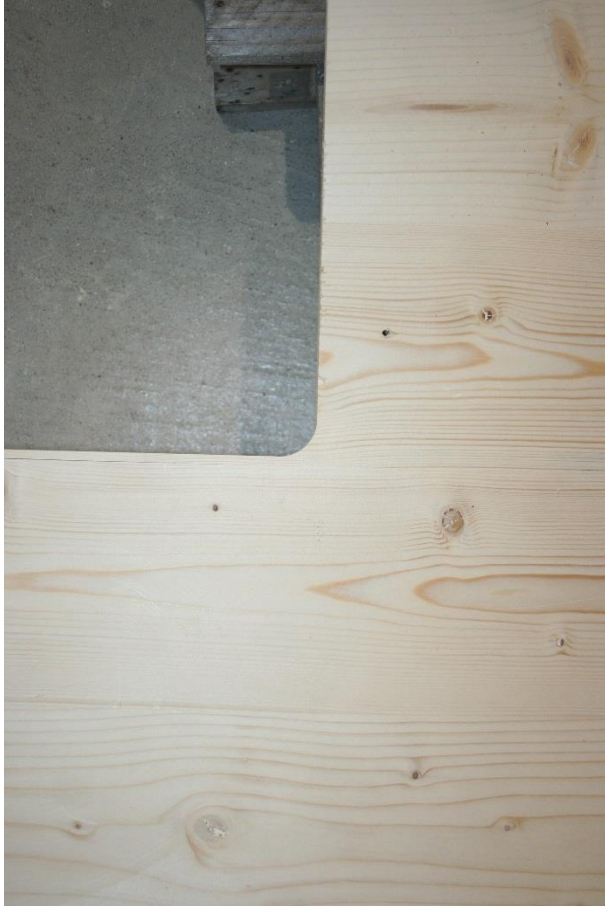
6.1 Yleistä Crosslamin CNC-työstöistä

CNC-työstökoneella voidaan työstää CLT-levyjä haluttuun muotoon. CNC-koneessa on sirkkeli, kiekkojyrsin ja tappijyrsin. Levyjen suurimmat suorat sahaukset voidaan toteuttaa sirkkelin avulla. Tappijyrsin voi tehdä esimerkiksi ikkuna- ja oviaukkoja. Myös kaarevat muodot ja urat on mahdollista toteuttaa tappijyrsimen avulla. Kiekkojyrsintä taas voidaan käyttää esim. puolipontin ja levyn reunojen viisteiden teossa.



Kuva 5 CNC- työstöasema. [25.]

Sirkkelin etuna on sen nopeus verrattuna tappijyrsimeen. Tappijyrsimen työpöytä on kuitenkin siistimpi. Aukkojen reunat joudutaan tekemään aina tappijyrsimen avulla. Tällöin reunoille jää pieni pyöristys johtuen tappijyrsimen muodosta ja koosta. Pyöristys on yleensä 20 mm tavallisissa ikkuna- ja oviaukoissa. Mikäli nurkista halutaan täysin terävät, on ne toteutettava käsityönä. Tämä tuo yleensä lisäkustannuksia asiakkaalle. Edullisempi tapa on niin sanottu reunaylitys eli työstö, jossa tappijyrsimen terällä ajetaan aukon nurkka hieman syvemmäksi. Näistä on kuvia seuraavalla sivulla.



Kuva 23. Tavallinen ikkuna-aukko tappijyrsimellä työstettynä.



Kuva 24. Esimerkki reunaylityksestä.



Kuva 25. Esimerkki reunaylityksestä.

CNC-kone pystyy työstämään tiettyihin rajoihin saakka erilaisilla työvälineillä. Kone voi työstää sekä levyn päältä että reunoilta. Alla on liitteenä taulukoita, joiden mukaan työstöjen maksimimäärää voidaan katsoa. Esimerkiksi tilanne, jossa levyn päällä on sähkörasian työstö ja alapuolella ponttityöstö, ei alapuolen pontti saa olla leveämpi kuin 100 mm. Tämä johtuu siitä, että reunatyöstöissä maksimisyvyys on 100 mm. Jos pontti on syvempi, aiheuttaa tämä levyn käännön ja siten lisäkustannuksia asiakkaalle. Tällaisten tilanteiden johdosta kannattaa suunnittelussa pyrkiä pidättäytymään yleisimmissä ratkaisuissa esimerkiksi ponttien suhteen, jos se vain rakennesuunnittelun kannalta on mahdollista. Myös CNC-koneen rajojen tunteminen on elementtisuunnittelijalle suureksi eduksi.

Crosslamilla tehtävät perustyöstöt ovat:

- Leveys- ja pituussuuntaiset suorat sahaukset
- Suorat ikkuna- ja oviaukotukset, jotka voidaan tehdä sahaamalla
- Puolipontit max 50 mm x 50 mm
- Sähkö- ja LVI-uritukset, leveys 40 mm, syvyys 27-30 mm
- Rasiareiät Ø 70 mm ja 90 mm [25.]

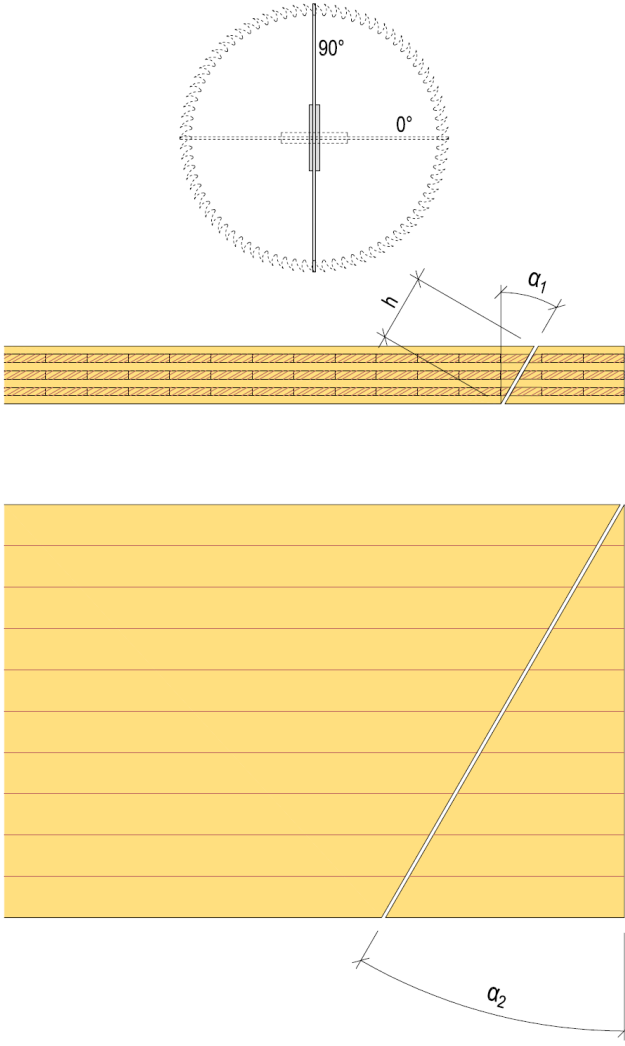
Lisähinnoiteltavia työstöjä ovat esimerkiksi:

- Syrjäporaukset (sijoitetaan aina välilamellien saumakohtaan, joka määrittää lopullisen sijainnin, tämä ei vaikuta pintarasioiden työstöihin ja sijoitukseen)
- Valaisinupotukset
- Plaanaukset/kaadot
- Terävänurkkaisten aukkojen sisänurkat
- Työstöt, jotka vaativat levyn kääntämisen
- Vakiotyöstöistä poikkeavat työstöt

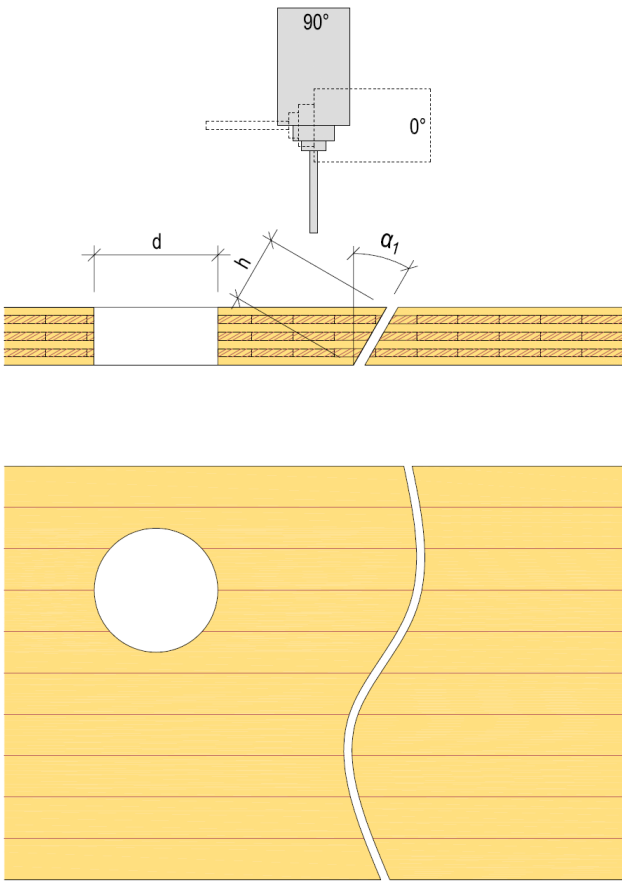
Kaikki muut jyrsimellä tehtävät työstöt, joita ei ole mainittu vakiotyöstöissä. [25.]

6.2 Työstökapasiteettitaulukot

Crosslamin työstökapasiteettitaulukot ovat Crosslamin vanhasta suunnitteluohjeesta. [25.]

Työstö 6.2.1 Reunan oikaisu	Työkalu Sirkkeli	Työstötietoja
		<p>Terän kallistuvuus $0^\circ \dots 90^\circ$</p> <p>Terän kääntyvyys 360°</p> <p>$\alpha_1 = 0^\circ \dots 90^\circ$ riippuen h-mitasta</p> <p>$h = \max 310 \text{ mm}$</p> <p>$\alpha_2 = 0^\circ \dots 90^\circ$</p> <p>Molemmat kulmat voivat olla yhtä aikaa käytössä.</p>

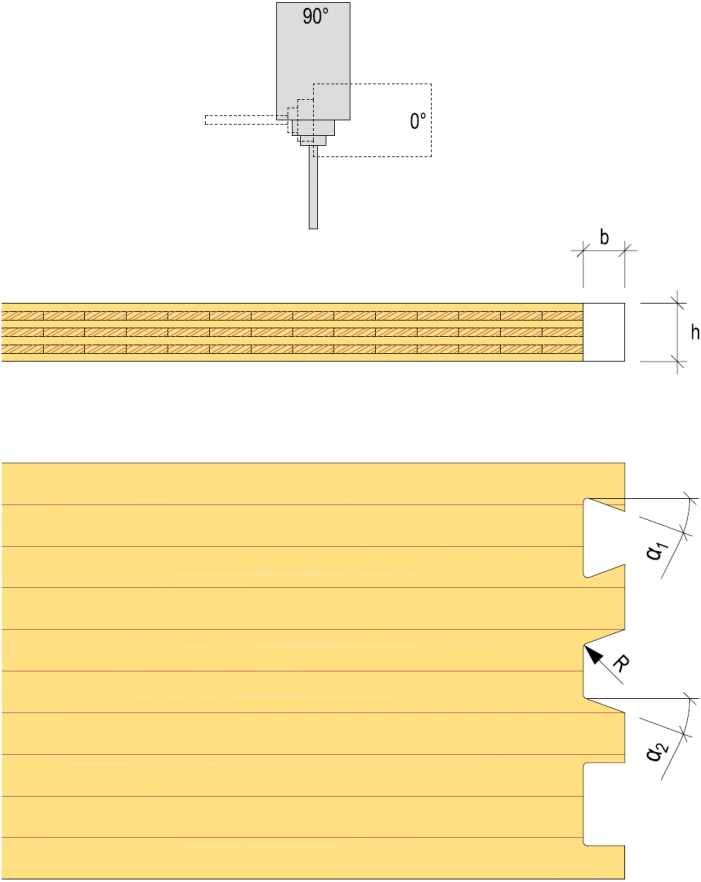
[25.]

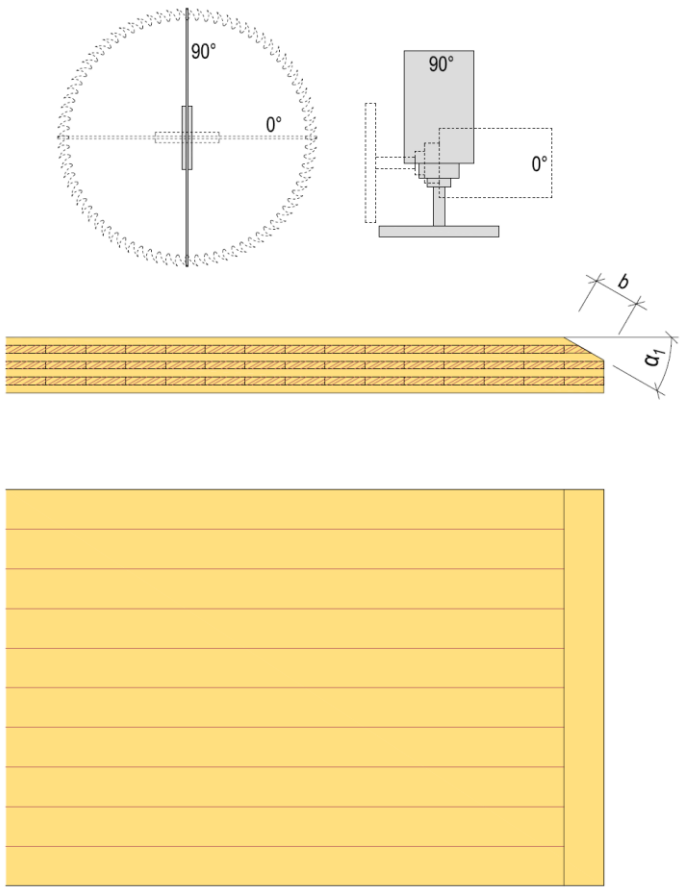
Työstö 6.2.2 Kaa- reva reuna tai reikä	Työkalu Tappijyrsin Ø 20 / Ø 40	Työstötietoja
		<p>Terän kallistuvuus $0^\circ \dots 90^\circ$</p> <p>$\alpha_1 = 15^\circ \dots 90^\circ$ riippuen h-mitasta</p> <p>$h = \max 120 \text{ mm}$ (tappijyrsin $\text{Ø} 20 \text{ mm}$)</p> <p>$h = \max 200 \text{ mm}$ (tappijyrsin $\text{Ø} 40 \text{ mm}$)</p> <p>$d = \min 20 \text{ mm}$</p> <p>Molemmat kulmat voivat olla yhtä aikaa käytössä.</p>

[25.]

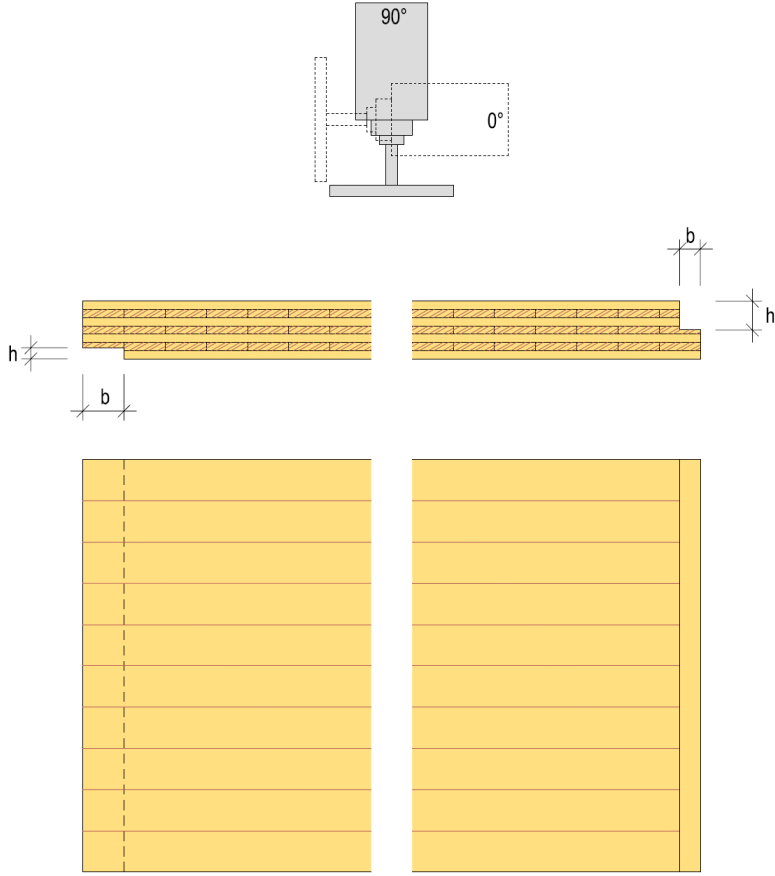
Taulukossa esimerkki tappijyrsimellä tehtävästä työstöstä. Mikäli levyyn halutaan työstää esimerkiksi logo, on huomioitava, että sen ohuin kohta on oltava vähin-

tään 10 mm paksu tappijyrsinterestä johtuen. Ohuella tappijyrsinterillä työstäminen ei yleensä ole hitautensa takia kustannustehokasta. Käytännössä tappijyrsintyöstöissä pienimpänä teränä kannattaa käyttää 20 mm. Yleisin terätkoko on 30 mm.

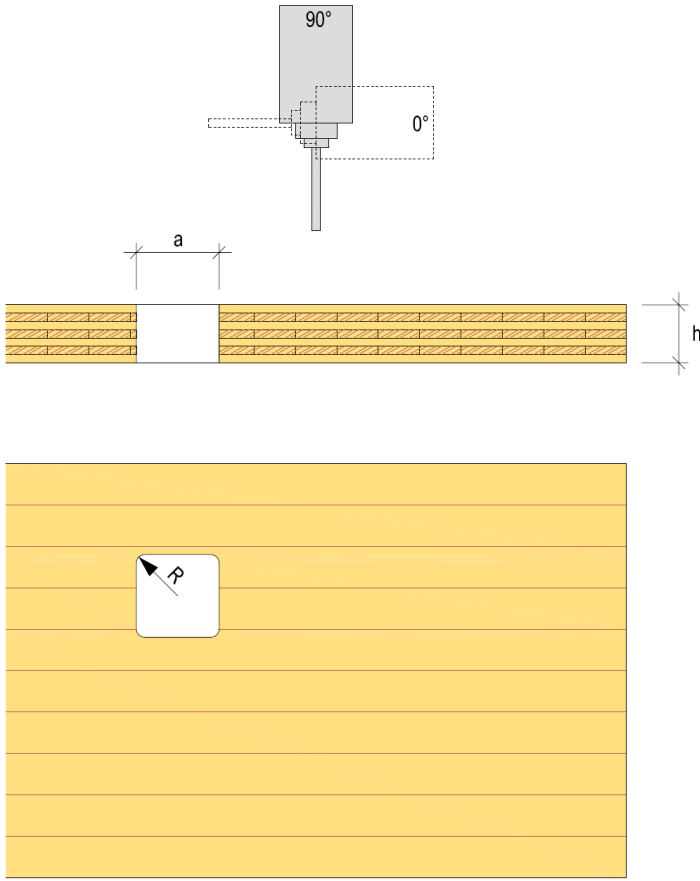
Työstö 6.2.3 Reunan hammastus	Työkalu Tappijyrsin Ø 20 / Ø 40	Työstötietoja
		<p>Terän kallistuvuus $0^\circ \dots 90^\circ$</p> <p>α_1 = ei rajoitusta</p> <p>α_2 = ei rajoitusta</p> <p>h = max 120 mm (tappijyrsin Ø 20 mm)</p> <p>h = max 200 mm (tappijyrsin Ø 40 mm)</p> <p>b = ei rajoitusta</p> <p>R = 10 mm (tappijyrsin Ø 20 mm)</p> <p>R = 20 mm (tappijyrsin Ø 40 mm)</p> <p>Mitta h voi olla suurempikin, mutta tällöin levy tulee kääntää. Tästä laskutetaan lisätyönä.</p>

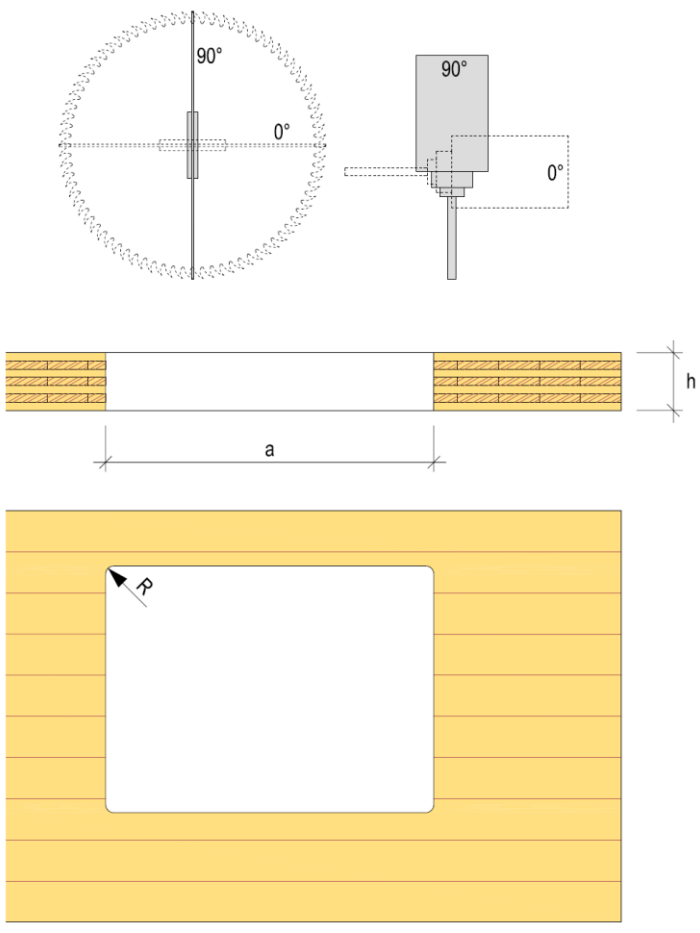
Työstö 6.2.4 Reunan viiste	Työkalu Kiekkoyrsin Ø 300 / Sirkkeli	Työstötietoja
		<p>Terän kallistuvuus $0^\circ \dots 90^\circ$</p> <p>$\alpha_1 = 0^\circ \dots 90^\circ$</p> <p>$b = \max 310 \text{ mm}$ (sirkkeli)</p> <p>$b = \text{ei rajoitusta}$ (kiekkoyrsin)</p>

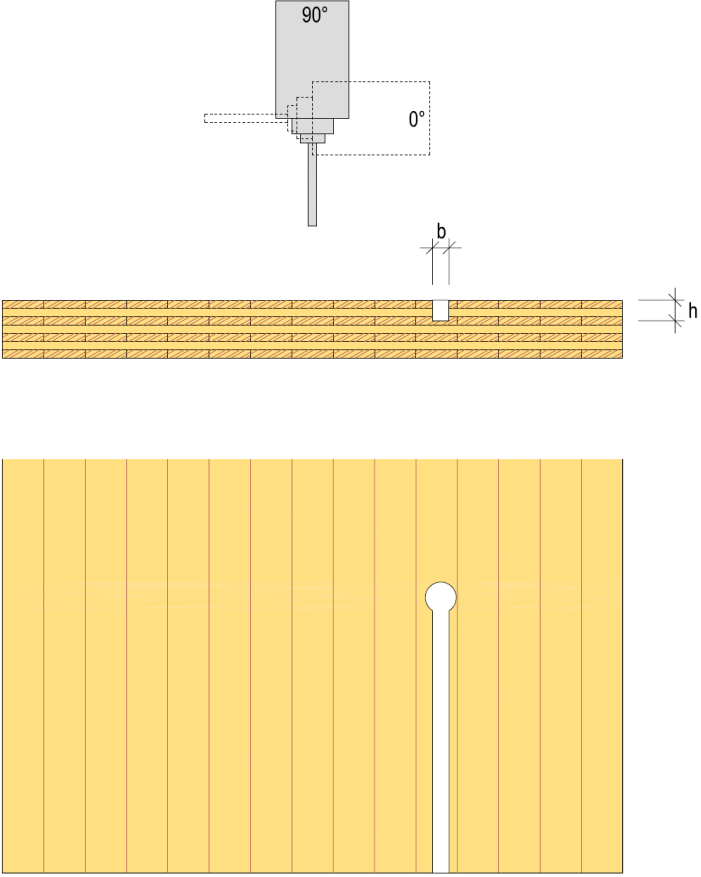
[25.]

Työstö 6.2.5 Puoli- pontti	Työkalu Kiekkokojyrsin Ø 300	Työstötietoja
 <p>The diagram illustrates the half-joint (Puoli-pontti) process. At the top, a 90-degree jointing tool is shown with a 0-degree angle indicated. Below, two cross-sections of the joint are shown, with dimensions b and h labeled. The bottom part of the diagram shows two vertical panels of wood with horizontal grain, representing the jointed surface.</p>		<p>b = ei rajoitusta levyn yläpuolella</p> <p>b = max 100 mm levyn alapuolella</p> <p>h = ei rajoitusta levyn yläpuolella</p> <p>h = min 27 mm levyn alapuolella</p>

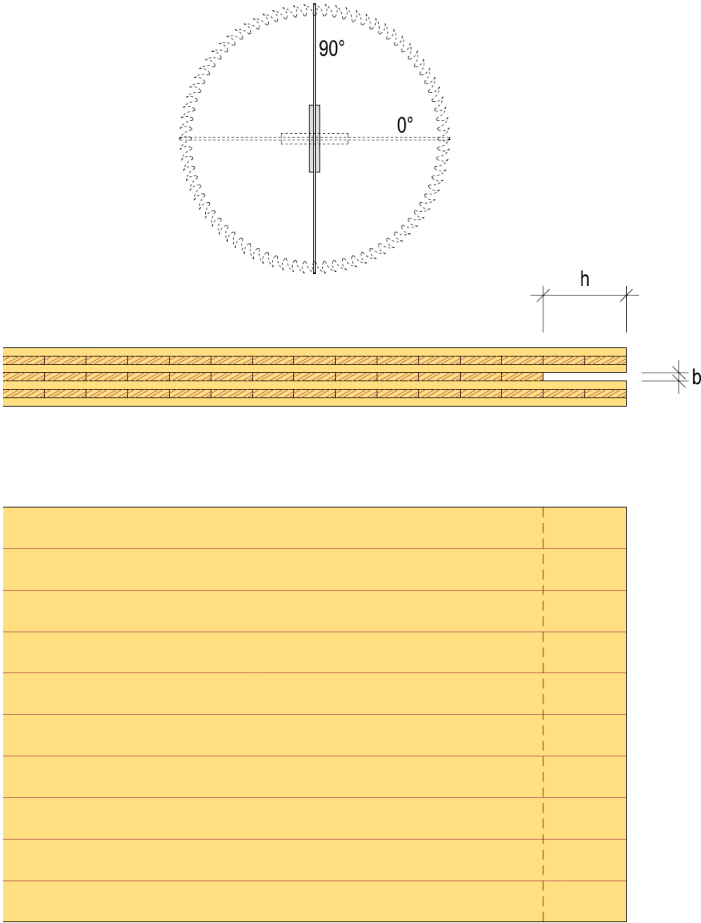
[25.]

Työstö 6.2.6 Pieni suorareunainen aukko	Työkalu Tappijyrsin Ø 20 / Ø 40	Työstötietoja
		<p>Terän kallistuvuus 0°...90°</p> <p>a = 20 mm →</p> <p>h = max 120 mm (tappijyrsin Ø 20 mm)</p> <p>h = max 200 mm (tappijyrsin Ø 40 mm)</p> <p>R = 10 mm (tappijyrsin Ø 20 mm)</p> <p>R = 20 mm (tappijyrsin Ø 40 mm)</p> <p>HUOMIO !</p> <p>Aukon kulmissa on pyöristys, johon tulee tappijyrsimestä. Tämä tulee huomioida esimerkiksi ikkunan sovitusmitoissa. Pyöristys voidaan poistaa käsityökaluilla.</p>

Työstö 6.2.7 Iso suorareunainen aukko	Työkalu Sirkkeli / Tappijyrsin Ø 20 / Ø 40	Työstötietoja
		<p>Terän kallistuvuus 0°...90°</p> <p>h = max 120 mm (tappijyrsin Ø 20 mm)</p> <p>h = max 200 mm (tappijyrsin Ø 40 mm)</p> <p>R = 10 mm (tappijyrsin Ø 20 mm)</p> <p>R = 20 mm (tappijyrsin Ø 40 mm)</p> <p>HUOMIO !</p> <p>Isot aukot (esim. ikkuna, ovi) tehdään sirkkelillä, koska se on nopeampi työstötapa kuin tappijyrsin. Tästä joutuen työstöjälki ei ole niin siisti kuin tappijyrsimen työstöjälki.</p> <p>Aukon kulmat tehdään tappijyrsimellä, joten aukon kulmissa on pyöristys, johtuen tappijyrsimestä. Tämä tulee huomioida esimerkiksi ikkunan sovitusmitoissa. Pyöristys voidaan poistaa käsityökaluilla.</p>

Työstö 6.2.8 Ura tappi- pijysimellä	Työkalu Tappijyrsin Ø 20 / Ø 40	Työstötietoja
		<p>Terän kallistuvuus 0°...90°</p> <p>b = min 20 mm</p> <p>h = max 120 mm (tappijyrsin Ø 20 mm)</p> <p>h = max 200 mm (tappijyrsin Ø 40 mm)</p> <p>HUOMIO !</p> <p>Uran suunta tulee olla pintalamellin suuntainen, jotta pintalamellit eivät katkea ja näin heikennä levyn kestävyttä.</p>

[25.]

Työstö 6.2.9 Ura sirkkelillä	Työkalu Sirkkeli	Työstötietoja
		<p>Terän kallistuvuus 0°...90°</p> <p>b = min 6 mm</p> <p>h = max 310 mm</p>

[25.]

LÄHTEET

1. Tuoteominaisuudet. Tuotteen ominaisuudet. Tekniset määrittelyt. Crosslam. Viitattu_21.6.2017 < <http://www.crosslam.fi/tekniset-maarittelyt/tuotteen-ominaisuudet.html> >
2. Wikipedia. 2018. CLT. < <https://fi.wikipedia.org/wiki/CLT> > Viitattu 24.2.2018.
3. Puuinfo. 2017. Insinööripuutuotteet. Crosslam Kuhmon CLT. Crosslam CLT tuoteominaisuudet. < http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/osa-1_tuoteominaisuudet.pdf > Viitattu 10.4.2017.
4. Rakennuslupa. < <http://www.rakennuslupa.fi/> > Viitattu 29.10.2017
5. Suomussalmi. Kuntalainen. Palvelut. Rakennusvalvonta. Rakentajan opas. Viitattu 29.10.2017 < <http://www.suomussalmi.fi/kuntalainen/palvelut/rakennusvalvonta> >
6. Pääkkönen, Tilaus – toimitusprosessin checklist, Crosslamin oma tietokanta, Viitattu 15.9.2017
7. Matikainen, A, 2017. Timber Bros Oy, Toimitusjohtaja. Haastattelu. 16.3.2017.
8. Nykyajan rakennusalan lupaus, Filosofia, Crosslam, < <http://www.crosslam.fi/filosofia/nykyajan-rakennusalan-lupaus.html> > Viitattu 22.4.2017
9. Uusi rakennustekninen ymmärrys, Filosofia, Crosslam, < <http://www.crosslam.fi/filosofia/uusi-rakennustekninen-ymmarrys.html> > Viitattu 23.4.2017

10. Sertifikaatti, Sertifiointi, Tekniset määrittelyt, Crosslam < <http://www.crosslam.fi/tekniset-maarittelyt/sertifioinnit.html> > Viitattu 20.6.2017
11. Pääkkönen, M. 2017. Crosslam Oy, Tuotantopäällikkö. Haastattelu. 25.5.2017
12. Manninen, V. 2017. Crosslam Oy, Kehityspäällikkö. Haastattelu. 2.10.2017
13. Elementtisuunnittelu. 2017. Elementtien asennus. Nosto-ohjeet. Viitattu 11.10.2017. < <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/nostoohjeet> >
14. Elementtisuunnittelu. 2017. Elementtien asennus. Asennusohjeet. Yleistä. Viitattu 27.4.2017.< <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/asennusohjeet/elementtien-asennus> >
15. Elementtisuunnittelu. 2017. Elementtien asennus. Asennusohjeet. Betonielementtien turvallinen asennus. pdf-tiedosto. Sivu 23. Viitattu 27.10.2017 < <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/asennusohjeet> >
16. Mitat ja painot. Maantiekuljetus. Logistiikan maailma. Viitattu 10.10.2017 < <http://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/maantiekuljetus/mitat-ja-painot/> >
17. Purkupaikan vaatimukset pdf. Viitattu 2.10.2017.
18. Ajoväylät, hitaasti Liikennöitävät. Sivu 4. RTS16:2. Rakennustieto. Viitattu 10.10.2017 < https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5fl-PeDhrH/HMiOkjixB/Ajovaylat_hitaasti_liikenneivat_16_02.pdf >

19. Metsäwood. Työkalut. Pintakäsittely. < <http://www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/Kerto-kasikirja-Pintakasittely.pdf> > Viitattu 18.11.2017.
20. Puuinfo. Puutieto. Puulajit. < <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puulajit> > Viitattu 18.11.2017
21. Toivanen, T. 2017. Crosslam Oy, Tuotantoinsinööri. Haastattelu. 13.7.2017
22. Puuinfo. Rakentaminen. Mitoitusohjelmat. Puurakenteen U-arvon määrittäminen. < <http://www.puuinfo.fi/mitoitusohjelmat/puurakenteen-u-arvon-m%C3%A4%C3%A4ritt%C3%A4minen> > Viitattu 21.10.2017
23. Toivanen, T. Paketti. Sähköpostiviesti 23.11.2017. Vastaanottaja Esa Rautiainen
24. CLT info. Tuote. Tekniset tiedot. Statiikka/lujuuslaskenta. Viitattu 1.6.2017. < <http://www.clt.info/fi/tuote/tekniset-tiedot/statiikka-lujuuslaskenta/> >
25. Vanha Crosslamin suunnitteluohje. CLT-suunnittelun ohje. < <http://www.crosslam.fi/media/ladattavat-pdf/clt-suunnittelun-ohje.pdf>. Viitattu 23.4.2018 >
26. Puuinfo. Toiminnallinen palomitoitus. Viitattu 30.10.2017. < <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/moduuli-2/43toiminnallinenpalomitoitus.pdf> >
27. Lahtela, Ääneneristys puutalossa, sivu 14, Puuinfo, < <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/aaneneristys-puutalossa/koko-ohje.pdf> > Viitattu 13.9.2017

28. Puuinfo. Rakentaminen. Suunnitteluohjeet. CLT Ristiin liimattu massiivipuu (cross laminated timber). Tekninen tiedote. CLT Cross Laminated Timber. < <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/clt-ristiinliimattu-massiivipuu-cross-laminated-timber/clt.pdf> > Luettu 8.11.2017
29. Matikainen, A. Timber Bros. Crosslamin oma tietokanta. Heikkilä pdf.

Rakennusprojektiin aikajana suunnittelusta elementtien asennukseen.

Viikko	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Kaavamääräysten kartoitus	X														
2. Lupaprosessi	X	X	X	X	X	X									
3. Maaperätutkimus	X	X													
3. Arkkitehtisuunnittelu		X	X	X											
4. LVISA suunnittelu				X	X										
5. Rakenne- ja elementtisuunnittelu (Pääsuunnittelu)			X	X	X	X	X								
Perustustyöt							X	X	X	X	X	X	X	X	
Elementtien tuotanto												X	X	X	
6. Elementtien asennus															X
7. Jatkotyöt															---->

Aikataulu on aina tapauskohtainen. CLT:n tuntevaa elementtisuunnittelijaa kannattaa käyttää jo luonnosvaiheessa.

Suunnitteluun kannattaa panostaa, sillä muutokset näkyvään CLT-pintaan ovat työläitä ja kalliita toteuttaa jälkikäteen.

Rakennusprojektin aikajana

LIITTEET