

Ville Komulainen

CLT-RAKENTEISEN PIENTALON SUUNNITTELUOHJE

CLT-RAKENTEISEN PIENTALON SUUNNITTELUOHJE

Ville Komulainen
Opinnäytetyö
Kevät 2022
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, Yhdyskuntatekniikka

Tekijä: Ville Komulainen

Opinnäytetyön nimi: CLT-rakenteisen pientalon suunnitteluohje

Työn ohjaaja: Jussi Puumalainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 42

CLT-elementtirakentamisessa tuotannosuunnittelu on tärkeässä osassa. Asennuksen sujuvuus on varmistettava huolella, sillä suurikokoisten CLT-levyjen työstäminen työmaalla on hankalaa. Etenkin suuremmissa tuotannosuunnitteluprojekteissa piirustusdokumenttien tuottaminen vie paljon aikaa, vaikka rakennemalli ja CLT-levyt ovat täysin tuotantoon valmiita.

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia kokonaisvaltainen ohje CLT-rakenteisten pientalojen suunnitteluun. Työn tilaajana toimi Suunnittelu- ja Rakennuspalvelu JK Oy. Tarkoituksena oli saada suunnittelijoille ohjemateriaali, jonka avulla CLT-rakennusten tuotannosuunnittelu saadaan vietyä joutavasti suunnittelun alusta valmiiksi dokumentoiduksi suunnittelukokonaisuudeksi.

Opinnäytetyössä perehdyttiin CLT-levyn ominaisuuksiin ja työstöihin, CLT-elementtien välisiin liitoksiin sekä CLT-materiaalin erityispiirteisiin suunnittelun näkökulmasta. Lisäksi työssä käsiteltiin tuotannosuunnittelun eri vaiheita sekä suunnitteluohjelmien käyttöä.

Työssä laadittuun ohjeeseen sisällytettiin keskeiset tuotannosuunnittelussa huomioitavat seikat toimivan, kaikille hankkeen osapuolille selkeän suunnittelukokonaisuuden aikaansaamiseksi. Tärkeä osa työtä oli tuotannosuunnittelun jaksottaminen oikeisiin työvaiheisiin oikeaan aikaan tehokkaan työskentelyn varmistamiseksi. Lisäksi opinnäytetyössä laadittiin suunnittelijoille oma tarkistuslista työvaiheiden etenemisen dokumentointia varten.

Opinnäytetyössä saatiin luotua suunnittelijoille ohjeistus sekä tarkistuslista, joiden avulla CLT-rakennusten suunnittelua saadaan kehitettyä ja vakioitua. Seuraavaksi olisikin tärkeä lisätä tietomallin käyttöä useammilla hankkeen osapuolilla, erityisesti tuotantolaitoksilla sekä työmailla. Tietomallin avulla voidaan varmistaa, että CLT-levyt ja seinät muodostavat toimivan kokonaisuuden. Lisäksi tuotantolaitokset voivat tehdä tietomallista tarvittavat tarkistusmittaukset ja työmaan urakoitsijat voivat varmistaa oman toimintansa sujuvan pystytyksen varmistamiseksi.

Asiasanat: CLT, pientalot, tuotannosuunnittelu, ohje, tietomallinnus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering, Option of Municipal Engineering

Author: Ville Komulainen

Title of thesis: Instruction for CLT Structured One-Family Houses

Supervisor: Jussi Puumalainen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 42

The topic of this thesis was to compile instructions of production planning when designing one-family houses made of CLT panels (Cross laminated timber). The assignment for the production planning manual came from engineering office SRJK Ltd. The goal of this thesis was to get a code of practice for the engineering office's own use.

The primary objective of this work was to establish practical planning work by documents. One important perspective of this instruction manual was to ensure that planning work is efficient and to avoid overlapped work. Also, this thesis generated a checklist for the designers to check that every working phase is done and to help documentation.

This thesis examined CLT as a material and its special characteristics from the designer's perspective. The instruction manual includes different phases of production planning and using designing software.

Further development of this instruction manual could be greater use of a 3D model by participants of the building project. The 3D model would help a CLT panels manufacturing plant and construction site workers perceive separate CLT panels to whole finished building. The manufacturing plant and construction site workers could do their verifying measurements directly from the 3D model instead of large amount of paper documents. A more extensive use of the 3D model would reduce of planning document amount which makes designers work more efficient.

Keywords: CLT (Cross laminated timber), one-family houses, production planning, instruction, data modelling

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	CLT-MATERIAALINA	8
2.1	CLT-levyt.....	8
2.2	CLT-levyn rakenne	12
2.3	Teollinen CLT-tuotanto	12
2.3.1	CLT-pienelementti.....	13
2.3.2	CLT-suurelementti	14
2.3.3	CLT-tilaelementti.....	15
3	CLT-TYÖSTÖT.....	16
3.1	Urat	17
3.2	Ikkuna- ja oviaukot	18
3.3	Läpiviennit ja sähkötyöstöt	19
3.4	Palkkitaskut ja lovet.....	20
3.5	Viistetyt reunat.....	21
4	CLT-ELEMENTTIEN LIITOKSET	22
4.1	US-US-nurkkaliitos	22
4.2	US-VS-liitos	23
4.3	VS-VS-liitos	24
4.4	VP-US-liitos	25
4.5	YP-US-liitos	26
4.6	US-liitos perustuksiin	27
4.7	Puoliponttiliitos	28
5	TIETOMALLINNUS.....	29
6	TUOTANNONSUUNNITTELU	31
6.1	Lähtötiedot.....	32
6.1.1	Pääpiirustukset	32
6.1.2	Sähkösuunnitelmat	32
6.1.3	LVI-suunnitelmat.....	33
6.2	Arkkitehtimalli	34
6.3	Rakennemalli.....	35

6.4	Elementtien asennusjärjestys.....	36
6.5	Dokumenttien luonti.....	38
6.5.1	Mitoitettu työpohjapiirustus.....	38
6.5.2	CLT-elementtikuvat.....	39
7	YHTEENVETO	41
	LÄHTEET.....	42
	Liite 1 Tarkistuslista (yrityksen sisäiseen käyttöön)	

1 JOHDANTO

Laadukas ja kustannustehokas suunnittelu CLT-elementtituotannossa vaatii kaikkien hankkeessa mukana olevien suunnittelijoiden ymmärrystä CLT-suunnittelun vaatimuksista ja eroavaisuuksista verrattuna perinteiseen rankarakentamiseen.

CLT-materiaali on Suomessa suhteellisen uusi, mutta nouseva rakennusmateriaali verrattuna perinteisempiin pientalojen rakennustapoihin. Etenkin massiivipuurakentamisessa CLT-elementti ja CLT-hirsi kasvattavat osuuttaan markkinoilla verrattuna perinteiseen hirsirakentamiseen. CLT-rakenteisen pientalon etuihin voidaan laskea CLT-levyjen mittatarkkuus, nopea pystytysaika, tiivis sekä hyvin kantava ja jäykkä rakenne sekä puumateriaalin ympäristöystävällisyys.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa tilaajan käyttöön CLT- ja puurakennusten suunnittelua tukeva suunnitteluohje koulutusmateriaaliksi uusille suunnittelijoille. Ohjeessa huomioidaan suunnittelun kaikki osa-alueet lähtötietojen keräämisestä aina valmiiseen, tehokkaasti suunniteltuun rakennukseen saakka. Työssä käydään suunnittelun vaiheet läpi, jotta suunnittelu saadaan kuvattua rutiininomaisesti ja suunnittelujärjestys tarkasti. Näin virheet saadaan minimoitua ja kaikki vaiheet tulevat huomioiduksi. Lisäksi laaditaan tarkistuslista, jonka avulla jokainen työvaihe saadaan dokumentoida suoritetuksi. Lista tulee yrityksen sisäiseen käyttöön.

CLT-suunnitteluun tutustumisen lisäksi opinnäytetyössä perehdytään CLT-levyjen työstöihin ja liitoksiin, tuotannosuunnittelun eri vaiheisiin, suunnittelutyön tuloksena tuotettaviin dokumentteihin sekä suunnittelun aikaiseen tietomallinnukseen. Opinnäytteeseen otetaan käsiteltäväksi mahdollisimman monipuolisesti yleisesti CLT-rakentamisessa käytettyjä ratkaisuja eri suunnittelukohteista.

Työn tilaajana toimii Suunnittelu- ja Rakennuspalvelu JK Oy, joka kykenee tekemään läheistä yhteistyötä Kuhmon Woodpolisin teollisuusalueella sijaitsevan puutuoteklusterin yritysten kanssa. Kuhmon puutuoteklusterin yritystoiminta kattaa mm. CLT-levyjen tuotannon, hirsitalojen tuotannon, sahataran tuotannon sekä taso- ja tilaelementtien tuotannon. Suunnittelijoiden ja tuotantolaitosten välisellä tiiviillä yhteistyöllä saadaan varmistettua tuotannon tehokkuus.

2 CLT-MATERIAALINA

CLT (Cross Laminated Timber) on alun perin Keski-Euroopassa n. 25 vuotta sitten kehitetty monikerroksinen massiivipuulevy. Suomessa CLT-levyjen valmistus on käynnistynyt viimeisimpien vuosien aikana, mutta Keski-Euroopassa levyjen käyttö on yleisempää ja siellä on useita valmistajia ja tehtaita. Yleisesti CLT valmistetaan mahdollisimman suurina levyinä mahdollistaen nopean rakentamisen ja minimoiden liitosten määrän. (1, s. 43.)

Rakennusmateriaalina CLT on erittäin monipuolinen, sillä se soveltuu käytettäväksi sekä ulko- ja väliseinien että kattojen ja välipohjien runkorakennusmateriaalina. Lisäksi se on helposti yhdistettävissä muihin rakennusmateriaaleihin ja se sopii käytettäväksi loma-asuntojen, rivi- ja pientalojen, kerrostalojen, teollisuushallien, liiketilojen sekä julkisten rakennuskohteiden rakentamisessa. (1, s. 43.)

CLT:n etuina rakennusmateriaalina ovat levyjen mittatarkkuus, helppo käsiteltävyys työmailla sekä korkea esivalmistusaste. Näillä saavutetaan merkittävää ajansäästöä rakentamisvaiheessa sekä työmaalla tapahtuvan varastoinnin tarve pienenee selkeästi. (2, s. 12.)

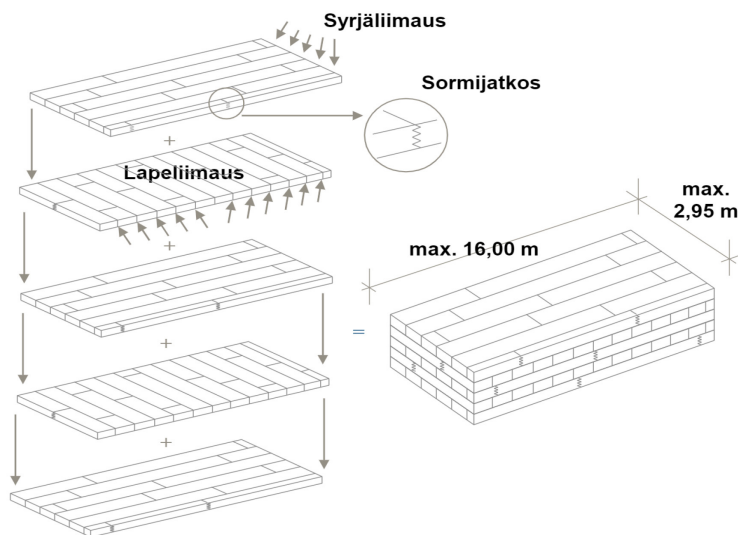
2.1 CLT-levyt

Massiivipuinen CLT-elementti (Cross Laminated Timber) valmistetaan ristikkäin liimatuista puulevykerroksista, jossa kerroksien lukumäärä ja ainevahvuuden paksuus määrittävät elementin lujuus-tekniset ominaisuudet. CLT-levyt kasataan höylätystä puutavarasta tehdyistä kerroksista eli lamellicherroksista. Lamellicherrokset liitetään toisiinsa kiinni formaldehydivapaan liiman ja puristimen avulla. (2, s. 11.)

Puristimen jälkeen levyt ovat valmiita elementtikaavioiden mukaisille työstöille, kuten liitoksille, aukoilta, pysty- tai vaakasuuntaisille urille eli roiloituksille sekä läpivienneille. CLT-levyjen koot vaihtelevat toimittajasta riippuen, mutta yleensä maksimipituus voi olla 16 m, maksimileveys 3,5 m ja maksimipaksuus 0,4 m. (2, s. 59.)

CLT-levyrakenne koostuu kolmesta, viidestä tai seitsemästä eri vahvuisesta lautakerroksesta, jonka avulla saadaan aikaan palonkestävä, jäykkydeltään ja lujuudeltaan erinomainen sekä ominaisuuksiinsa verrattuna kevyt rakennusmateriaali. CLT-levyjen raaka-aineena käytetään lujuuslajiteltua ja sormijatkettua lujuusluokan C24 kuusta tai mäntyä. (3).

CLT:tä voidaan valmistaa kahdella eri liimaustavalla, joko syrjäliimattuna tai syrjäliimaamattomana. Kaikissa levyissä lamellien lapepinnat liimataan ja syrjäliimatuissa myös kappaleiden väliset pystysaumamat eli syrjäpinnat liimataan. Liimaustavalla ei ole merkittävää eroa tuotteen lujuusominaisuuksiin, eikä näin ollen juurikaan vaikutusta CLT-rakenteen paksuuden määrittämiseen. (4.) Kuvassa 1 on esitetty CLT-levyn erilaiset liimaustavat ja rakenne.



KUVA 1. Viisikerroksisen CLT-levyn rakenne (5)

Puu on voimakkaasti hygroskooppinen materiaali, joten valmistusmenetelmällä on vaikutusta puun elämiseen kosteuden vaihdella. Syrjäliimaamattomassa tuotteessa lamellien reunat pääsevät vapaasti elämään ja lamellien välisiin saumoihin syntyy hiushalkeamia, jotka näkyvät levyn pinnassa tasaisesti toistuvina rakoina. Näiden halkeamien avulla pintalamellin puuaines pysyy muilta osin ehjänä ja suuria rakenteellisia halkeamia tai liimasauaman repeytymiä syntyy pelkästään vähäisesti. Syrjäliimatussa tuotteessa puun kosteuseläminen voi aiheuttaa epätasaisempaa halkeilua, koska syrjäliimasauama ei välttämättä olekaan pintakerroksen heikoin kohta. Tällöin halkeamia voi olla vähemmän, mutta ne voivat olla kooltaan suurempia ja sijoittua levyyn epätasaisesti. (4.)

CLT-levyistä voidaan tehdä rakennuksen kaikki maanpäälliset kantavat rakenteet ja CLT-rakenteet soveltuvat niin seiniin, välipohjiin kuin kattoihin. CLT-elementtejä voidaan yhdistää liittorakenteina myös muihin rakennusmateriaaleihin. Välipohjan jänneväliä rajoittaa värähtelykriteerit, mutta paksuimmilla levyillä välipohjien maksimi jänneväli on käytännössä kuusi metriä. Suuri levykoko minimoi osaltaan levyjen välisten puskuliitosten määrää, joka johtaa nopeampaan rakennusaikaan. Liitospintojen pieni määrä parantaa myös rakenteen ilmatiiviyttä. (1, s. 43-44.)

CLT-levy toimii niin kantavana kuin jäykistävänä rakenteena, jolloin erilliselle jäykistävälle rakenteelle ei ole tarvetta. Myöskään erilliselle ilman- ja höyrynsulkukerrokselle ei ole tarvetta. Lämmöneristeeksi riittää yleensä muita runkovaihtoehtoja ohuempi lämmöneristekerros, sillä CLT-levy kykenee toimimaan myös lämmöneristeinä. (1, s. 44.)

Ulkoseinärakenteet koostuvat yleensä kolme- tai viisikerroksisesta CLT-levystä. Mahdollinen lämmöneriste voidaan asentaa levyn ulkopintaan ja kovat eristeet voidaan kiinnittää liimaamalla suoraan kiinni CLT-levyyn, jolloin ulkoverhouksen koolaukset ruuvataan eristeen läpi. Levyn sisäpuoli voidaan jättää näkyväälle pinnalle tai se voidaan peittää levyttämällä, jolloin levyyn voidaan tehdä koolaustila tai vaihtoehtoisesti jyrityt urat sähköjohtoille. (1, s. 44-45.) Kuvassa 2 on havainnollistettu viisikerroslevyn rakenne sekä keskilamellin sormijatkos.



KUVA 2. Viisikerroksinen CLT-levy (6)

CLT-levyjä voidaan valmistaa joko näkyvällä tai ei näkyvällä pinnalla ja levy voi olla näkyvä joko molemmilta tai vain toiselta puolelta. Näkyvään pintaan voidaan tehdä lapepinnan karkeahionta ja levyn pinta on hiottava työmaalla ennen pintakäsittelyn aloittamista. CLT-elementtien valmistukseen käytettävän puutavaran kosteus on 11 % riippumatta siitä, jääkö pinta näkyviin vai ei. CLT-levyn näkyvään pintaan voidaan tehdä uritus. Kuvassa 3 nähtävä uritus tehdään höyläämällä jokaisen pintalamellin reunaan viiste, jonka koko on yhdestä millimetristä kolmeen millimetriin ja urajako määräytyy käytettävän pintalamellin leveydestä. (7, s. 17.)



KUVA 3. Pintalamellissa näkyvä uritus (7, s. 17)

CLT-levyn pinnan voi käsitellä halutulla sävyllä ja näin vaikuttaa pinnan yleisilmeeseen. Pintakäsittelyt tehdään aina työmaalla. (7, s. 17.) Erilaisia pintoja on vertailtu kuvassa 4.



KUVA 4. Vasemmalla näkyvä pinta ilman käsittelyä, oikealla kuultava valkoinen pinta (7, s. 17)

2.2 CLT-levyn rakenne

CLT-levyjä voidaan valmistaa kahdella erilaisella tavalla pintalamellien suunnan mukaisesti. Ensimmäisessä tavassa pintalamellit kulkevat levyn pidemmän suunnan mukaisesti vaakasuuntaan ollen levyn pituuden mittaisia tai vaihtoehtoisesti pintalamellit kulkevat levyn lyhyemmän suunnan mukaisesti pystysuuntaan ollen levyn korkeuden mittaisia. (7, s. 3.) Pintalamellien eri suunnat on esitetty kuvassa 5.

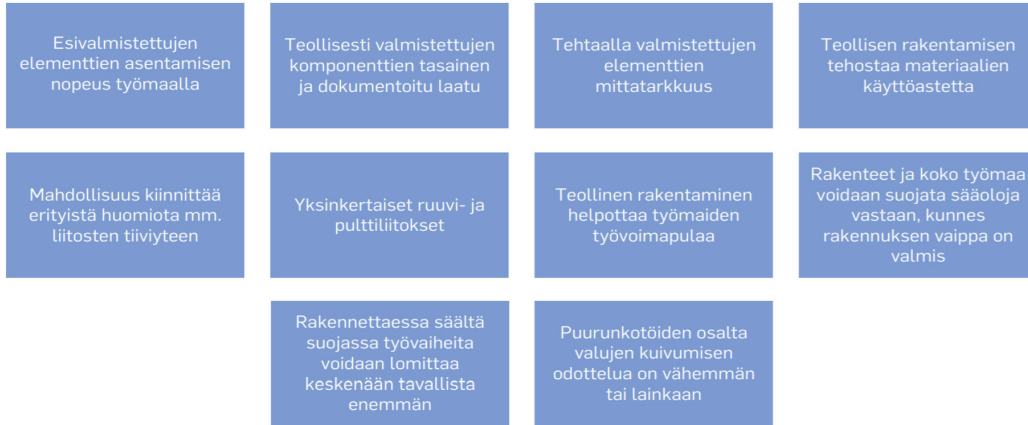


KUVA 5. CLT-levyjen erilaiset rakenteet (7, s. 3)

2.3 Teollinen CLT-tuotanto

Puu ja insinööripuutuotteet soveltuvat hyvin teolliseen valmistukseen keveyden, mittatarkkuuden, lujuuden sekä helpon työstettävyyden vuoksi. Keveyden vuoksi isokokoisetkin CLT-elementit voidaan kuljettaa ja asentaa paikoilleen järeää työmaanosturia keveämmillä kurottajilla ja autonostureilla. (1, s. 31.)

Teollisen puurakentamisen uudet menetelmät tuovat etuja suhteessa rakentamisen vallitseviin nykykäytäntöihin. Esivalmistettuja elementtejä käyttämällä voidaan lyhentää työmaalla käytettyä aikaa, johon vaikuttavat pitkälle viedyn esivalmistuksen lisäksi yksinkertaiset liitostekniikat ja kuivat rakentamisolosuhteet. Lisäksi rakennusmateriaaleista syntyvää materiaalihukkaa saadaan pienennettyä tehdasolosuhteissa rakennettaessa. (1, s. 32.) Teollisen puurakentamisen etuja on lueteltu kuvassa 6.



KUVA 6. Teollisen puurakentamisen etuja (2, s. 14)

2.3.1 CLT-pienelementti

Pientaloissa käytettävällä CLT-pienelementillä tarkoitetaan CLT-levyä, johon on tehtaalla työstetty aukot oville ja ikkunoille, tarvittavat roilotukset ja läpiviennit sekä tarvittavat liitokset vierekkäisiin elementteihin kiinnittämistä varten. Pienelementtejä käytetään paikallarakentamisessa, jolloin runkoelementteihin lisätään työmaalla rakenteen varustukset kuten mm. eristeet, ikkunat ja ovet. Kyseinen tekniikka on teollista esivalmistusta vähiten hyödyntävä toteutustapa. (2, s. 14.) CLT-pienelementti on esitetty kuvassa 7.



KUVA 7. CLT-pienelementti (6)

2.3.2 CLT-suurelementti

CLT-suurelementit (tasoelementit) ovat CLT-levyjä, jotka ovat tehtaalla valmistettuja täysin asennettavaksi valmiita elementtejä. Suurelementeillä voidaan tarkoittaa seinä-, alapohja-, yläpohja- tai esimerkiksi parveke-elementtejä. Elementit on mahdollista varustaa asiakkaan tarpeiden vaatimalla tarkkuudella aina valmiista sisäpinnasta ulkoverhoukseen saakka. Suurelementtien käyttökohteita ovat mm. kerrostalot, julkisrakennukset sekä hoivakodit. Työmaalle toimitetut CLT-suurelementit ovat täysin valmiita asennettaviksi. (2, s. 15.) Kuvassa 8 näkyy asennusvalmis CLT-suurelementti.



KUVA 8. CLT-suurelementti (2, s. 15)

2.3.3 CLT-tilaelementti

CLT-tilaelementit ovat tehdasolosuhteissa pitkälle esivalmistettuja omia moduuleita. Työmaalla tilaelementit saadaan kiinnitettyä toisiinsa nopealla aikataululla, minkä johdosta työmaalla käytettävä aika lyhenee merkittävästi verrattuna esim. paikallarakentamisen työmaa-aikaan. Yleensä moduulit ovat sisäpinnoiltaan täysin valmiiksi tehtyjä lohkorakenteita ja tavallisimmin elementteihin on asennettu valmiiksi ovet, ikkunat, kiintokalusteet sekä LVISA-varusteet. (2, s. 15.) Kuvassa 9 on havainnollistettu CLT-tilaelementtejä sekä niiden asennusta.



KUVA 9. CLT-tilaelementti (8)

3 CLT-TYÖSTÖT

CLT-levyn pystytään tekemään monipuolisia työstöjä CNC-työstökoneella. Työstöissä voidaan käyttää tappi- ja kiekkojyrsintä sekä sirkkeliä. Sirkkelillä saadaan tehtyä pitkät suorat sahaukset ja tappijyrsimellä tehdään aukot, urat sekä kaarevat muodot. (7, s. 6.)

Aukkojen reunalla sijaitsevat alueet työstetään aina tappijyrsimellä, jonka johdosta nurkkiin jää tappijyrsimen säteen kokoinen pyöristys. Terävät kulmat aukkoihin voidaan toteuttaa kuitenkin käsi-työkalujen avulla. Suurikokoiset aukot työstetään sirkkelillä, koska se on työstötapana selkeästi nopeampi kuin tappijyrsin. (7, s. 6.) CNC-työstökoneen tappijyrsin on esitetty kuvassa 10.



KUVA 10. Työstöissä käytettävä tappijyrsin (7, s. 6)

Työstöjen suunnittelussa tulee pyrkiä mahdollisuuksien mukaan kuitenkin niin yksinkertaisiin ratkaisuihin kuin mahdollista. Erikoiset työstöratkaisut pidentävät työstöaikaa sekä kasvattavat työstöjen aiheuttamien reunalhalkeamisten riskiä. (7, s. 6.)

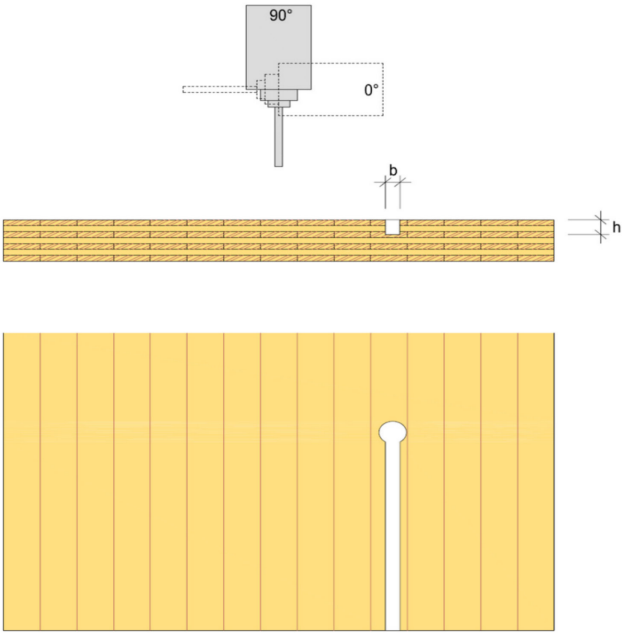
CLT-levyihin tehtäviä perustyöstöjä ovat

- suorat sahaukset pituus- ja leveyssuuntaan
- suorat aukot ikkunoille ja oville
- puolipontit
- urat sähkö- ja LVI-tarvikkeille, leveys 40 mm ja syvyys 27 - 30 mm
- rasiareiät, Ø 72 mm ja 90 mm (7, s. 7).

3.1 Urat

CLT-levyn pintaan voidaan työstää roilotuksia esim. levytyksen taakse piiloon jääviä sähköjohtoja varten. Urat voivat olla myös tarpeellisia CLT-seinälevyn alareunassa alaohjauspuuhun kiinnitystä varten sekä yläreunassa CLT-yläpohjaelementin kannatusta varten. Vaakasuuntainen ura voi olla myös CLT-seinän keskellä kannattamassa CLT-välipohjaa. Myös CLT-väliseinien liitoksessa CLT-ulkoseinään voidaan tehdä pystysuuntainen ura väliseinän upotukselle ulkoseinän sisään. (7, s. 15.)

Tappijyrsimellä tehtävissä urissa maksimisyvyydet ovat 120 mm (tappijyrsin Ø 20 mm) ja 200 mm (tappijyrsin Ø 40 mm) ja uran minimileveys on 20 mm. Sirkkelillä levyn reunaan voidaan ajaa maksimissaan 310 mm syvä ja minimissään 6 mm leveä ura. (7, s. 15.) Uratyöstöjen dimensioita on esitetty kuvassa 11.

Työstö Ura tappijyrsimellä	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 ! Uran suunta tulee olla pintalamellin suuntainen, jotta pintalamellit eivät katkea ja näin heikennä levyn kestävyyttä.</p>

KUVA 11. Tappijyrsimellä tehtävät uratyöstöt (7, s. 15)

3.2 Ikkuna- ja oviaukot

Suurempikokoiset aukot, kuten ovi- ja ikkuna-aukot, tehdään sirkkelillä nopeamman työstöajan vuoksi. Aukkojen kulmat tehdään aina kuitenkin työstöjäljeltään siistimmällä tappiijrsimellä, jolloin aukkojen kulmiin jää yleensä 20 mm:n (tappiijrsin Ø 40 mm) pyöristykset tappiijrsimen muodosta johtuen. Kulman pyöristys on esitetty kuvassa 12. Aukkojen toteuttaminen teräväreunaisina onnistuu tarvittaessa käsityönä tehden. (7, s. 6.)

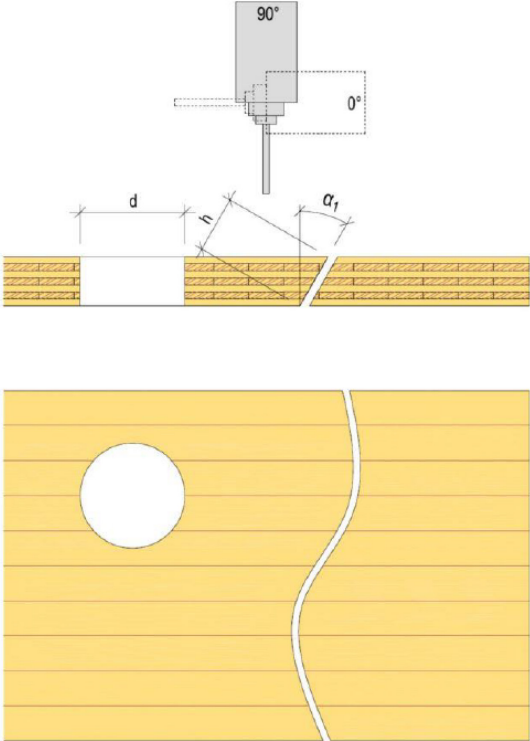


KUVA 12. Tappiijrsimellä tehty aukon kulma (9, s. 51)

3.3 Läpiviennit ja sähkötyöt

CLT-levyihin tehtäviä läpivientejä voidaan tehdä mm. ilmastointiputkille sekä levyn molemmin puolin olevalle sähkörasialle. Läpiviennit voivat olla muodoltaan eri muotoisia, mutta pääsääntöisesti läpiviennit toteutetaan pyöreinä aukkoina. Pyöreän läpiviennin halkaisijan rajoituksena on minimi halkaisijana 20 mm. (7, s. 9.)

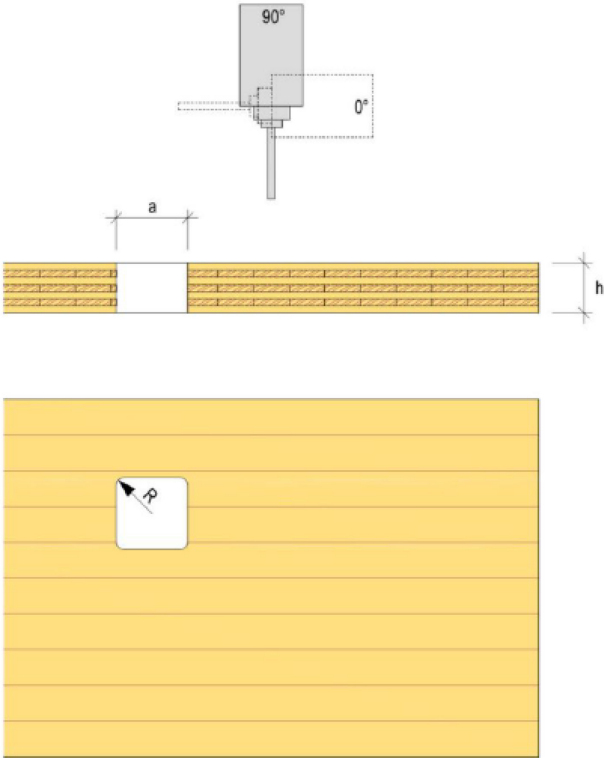
Sähkörasioille levyn pintaan työstetään kolo, josta sähköjohdot saadaan kuljetettua niin levyn ala- kuin yläpuolelle. Sähköjohdot voidaan kuljettaa joko pinnassa kulkevaa uraa tai vaihtoehtoisesti levyn syrjäreunaan tehtyä sähköreikää pitkin. (7, s. 15.) Kuvassa 13 on esitetty tappijyrsimellä tehtyjen työstöjen dimensioita.

Työstö Kaareva reuna tai reikä	Työkalu Tappijyrsin $\varnothing 20 / \varnothing 40$	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 $\varnothing 20 \text{ mm}$)</p> <p>$h = \max 200 \text{ mm}$ (tappijyrsin $\varnothing 40 \text{ mm}$)</p> <p>$d = \min 20 \text{ mm}$</p> <p>Molemmat kulmat voivat olla yhtä aikaa käytössä.</p>

KUVA 13. Läpivienteihin käytettävä työstö (7, s. 9)

3.4 Palkkitaskut ja lovet

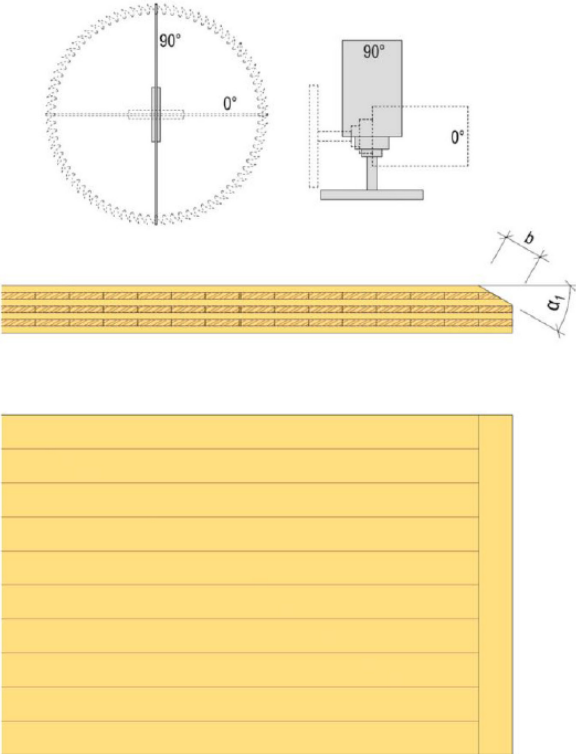
CLT-levyihin tulevia yleisiä työstöjä ovat myös palkeille lovettavat taskut sekä muut tarvittavat lovet. Palkkitaskuissa tulee ottaa huomioon näkyville pinnoille jäävissä levyissä tappijyrsimen tekemät reunapyöritykset loven kulmissa. Lovien koko voi olla korkeus- ja leveysuunnassa aina 20 mm:stä ylöspäin ja loven syvyys voi olla tappijyrsimen maksimisyvyys 200 mm (tappijyrsin Ø 40 mm). (7, s. 13.) Suorareunaisiin aukkoihin käytettävien työstöjen dimensioita on havainnollistettu kuvassa 14.

Työstö	Työkalu	Työstötietoja
<p>Pieni suorareunainen aukko</p> 	<p>Tappijyrsin Ø 20 / Ø 40</p>	<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 ! Aukon kulmissa on pyöritys, johtuen tappijyrsimestä. Tämä tulee huomioida esimerkiksi ikkunan sovitusmitoissa. Pyöritys voidaan poistaa käsityökaluilla.</p>

KUVA 14. Suorareunaiseen aukkoon tai loveen käytettävä työstö (7, s. 13)

3.5 Viistetyt reunat

CLT-levyihin voidaan tehdä myös 0° - 90° kulmassa olevia reunojen viisteytyksiä esim. kattokulman mukaisesti tulevan CLT-yläpohjalevyn liitokseen CLT-ulkoseinän kanssa. Viistetyillä reunoilla tulee ottaa huomioon teräväreunaisen CLT-levyn suurempi halkeamisen riski työstöjen yhteydessä. Levyn reunan kulmassa tulevan viisteen maksimipituus sirkkelillä tehdessä on 310 mm. Kiekkokojyrsimellä ajettaessa ei maksimipituudella ole rajoitusta. (7, s. 11.) Kuvassa 15 on esitetty reunaviisteiden toteutukseen käytettävät työstöt.

Työstö Reunan viiste	Työkalu Kiekkokojyrsin \varnothing 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>$b = \text{ei rajoitusta}$ (kiekkokojyrsin)</p>

KUVA 15. Viistetyn reunan tekemiseen käytettävä työstö (7, s. 11)

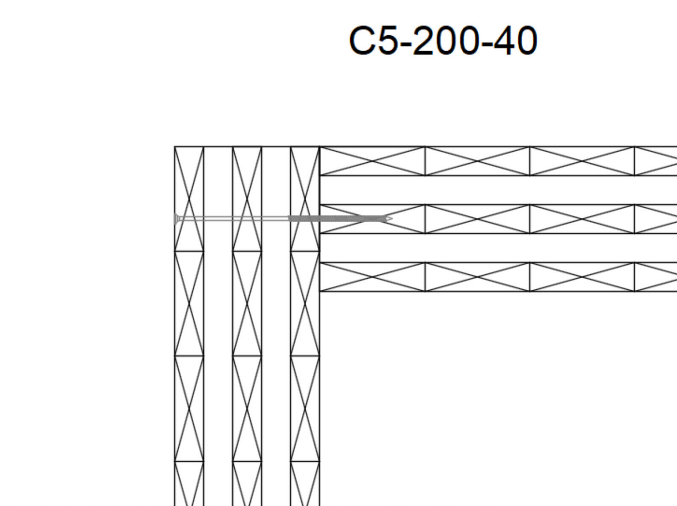
4 CLT-ELEMENTTIEN LIITOKSET

Kaikki CLT-levyjen väliset liitokset tulisi suunnitella mahdollisimman yksinkertaisina. Yksinkertais-
ten liitosten etuina on helpompi asennus työmaalla sekä ne vähentävät elementtitehtaalla tapahtu-
vaa työstöaikaa. (9, s. 37.)

CLT-levyjen välisiin liitoksiin käytetään ruuvikiinnitystä yhdessä saumamassan ja/tai kumitiiviste-
en kanssa. Kaikki CLT-levyjen väliset liitokset suunnittelee kohteen rakennesuunnittelija. (9, s. 37.)

4.1 US-US-nurkkaliitos

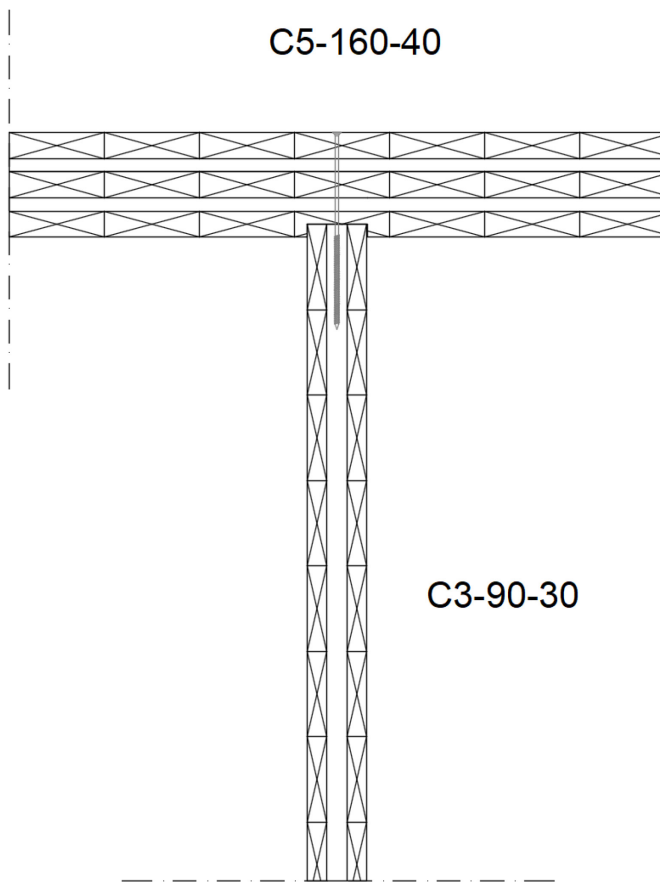
Yksinkertain ja käytännössä paljon käytetty kahden ulkoseinän välinen liitos on suora nurkkaliitos.
Liitos on helppo asentaa työmaalla, kun oikea elementtien asennusjärjestys on mietitty etukäteen.
Nurkka tiivistetään saumamassalla ja ruuvataan päädystä kiinni rakennesuunnittelijan ohjeistuksen
mukaisesti. (9, s. 38.) CLT-ulkoseinien välinen nurkkaliitos on havainnollistettu kuvassa 16.



KUVA 16. CLT-seinien periaatteellinen nurkkaliitos (10)

4.2 US-VS-liitos

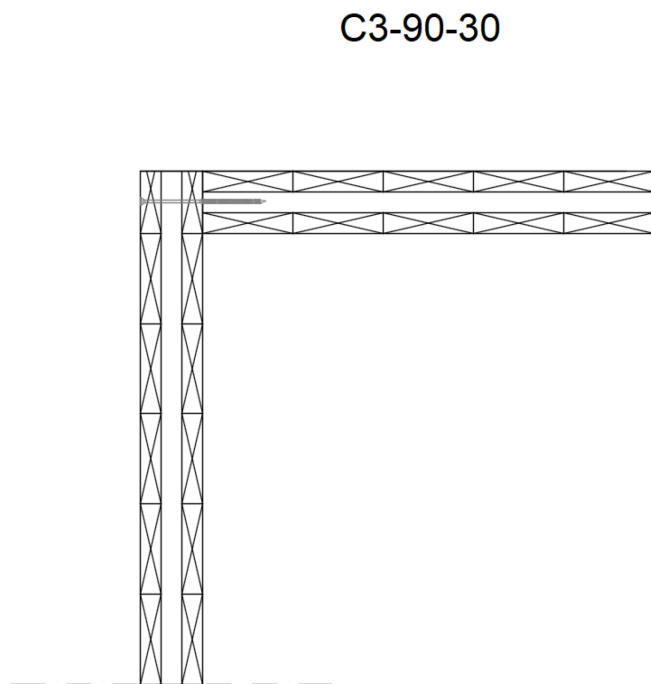
Yksi vaihtoehto ulko- ja väliseinien liitoksiin CLT:tä käytettäessä on tehdä ulkoseinän sisäpintaan pieni loveus väliseinälle. Väliseinän asennus loveen ohjaa elementtien asentamista tehokkaasti. Liitos tiivistetään saumamassalla ja ruuvataan ulkopuolelta rakennesuunnittelijan määräämällä tavalla. Kuvassa 17 on esitetty CLT-ulkoseinän ja CLT-väliseinän välinen liitos.



KUVA 17. CLT-ulkoseinän ja CLT-väliseinän periaatteellinen liitos (10)

4.3 VS-VS-liitos

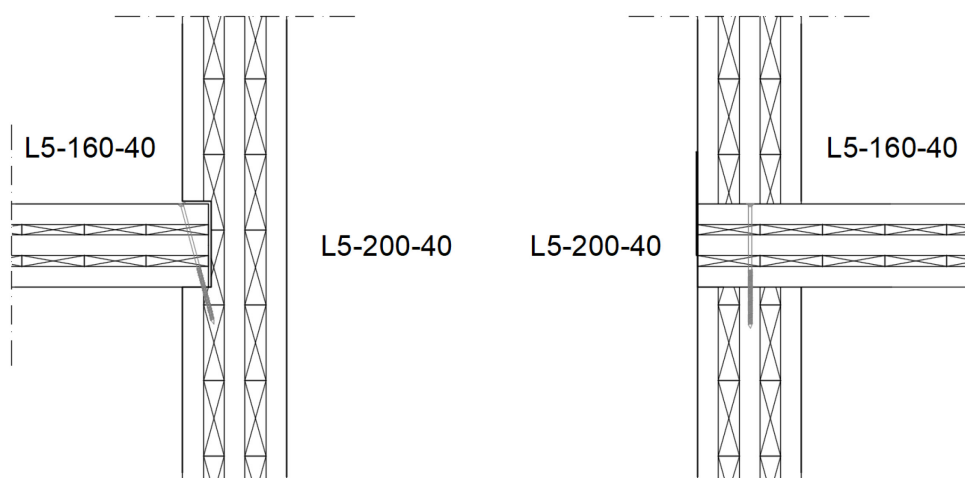
Väliseinien välinen nurkkaliitos on toimiva ratkaisu toteuttaa samalla tavalla kuin ulkoseinissä, suoralla nurkkaliitoksella. Kiinnitys myöskin päätyyn ruuvien ja saumamassan avulla. (9, s. 38.) CLT-väliseinien välinen nurkkaliitos on esitetty kuvassa 18.



KUVA 18. CLT-väliseinien periaatteellinen nurkkaliitos (10)

4.4 VP-US-liitos

CLT-välipohjan liitos CLT-ulkoseinien kanssa on toteutettavissa useilla tavoilla. Toteutustapaan voi vaikuttaa esimerkiksi ulkoseinän maksimikorkeus. Vasemmanpuoleisessa vaihtoehdossa on huomioitava välipohjan loven välys asennuksen helpottamiseksi. Liitosten kiinnitykset määräytyvät rakennesuunnittelijan ohjeistuksen perusteella. Kuvassa 19 on havainnollistettu CLT-välipohjien ja CLT-ulkoseinien välisiä liitoksia.

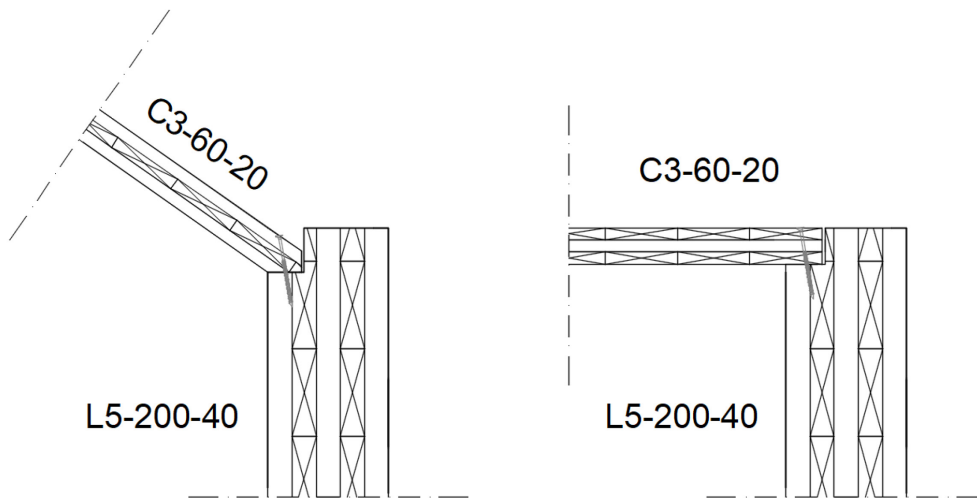


KUVA 19. CLT-välipohjan ja CLT-ulkoseinän väliset periaatteelliset liitokset (10)

4.5 YP-US-liitos

CLT-yläpohjien liitokset ulkoseiniin pyritään toteuttamaan yksinkertaisimmalla tavalla. Niin tasaiset kuin viistetyt yläpohjalevyt on mahdollista saada tasaiselle tuelle loveen. Vasemmanpuoleisessa vaihtoehdossa on pystytty välttämään terävät reunat ja näin asennusjäljestäkin tulee siisti.

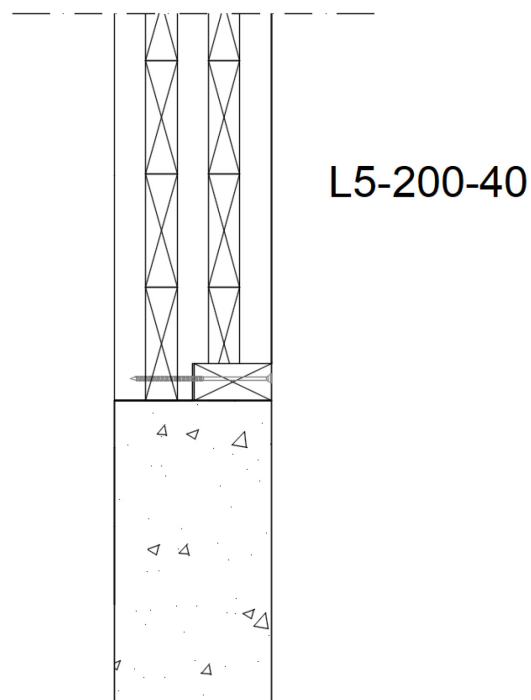
Liitokset voidaan kiinnittää ruuvien ja saumamassan avulla, kiinnityksen asianmukaisuudesta vastaa rakennesuunnittelija. CLT-yläpohjien ja CLT-ulkoseinien välisiä liitoksia on esitetty kuvassa 20.



KUVA 20. CLT-yläpohjan ja CLT-ulkoseinän väliset periaatteelliset liitokset (10)

4.6 US-liitos perustuksiin

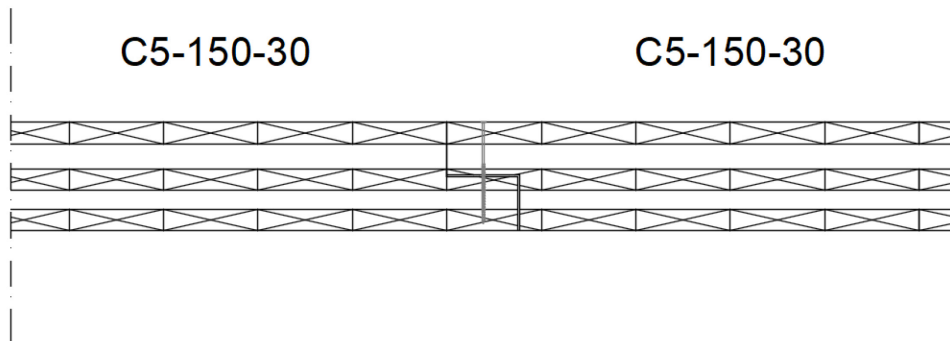
CLT-ulkoseinäelementti voidaan kiinnittää perustuksiin ruuvaamalla sivustapäin alaohjauspuun lävitse. Ulkoseinään on lovettu ura alaohjauspuuta varten ja asennus on helppoa paikallaan olevien alaohjauspuiden ohjatessa asennusta. Liitosten asennuksessa noudatetaan rakennesuunnittelijan ohjeistusta ruuvien ja muiden liitoksissa käytettävien tarvikkeiden osalta. CLT-ulkoseinä on mahdollista kiinnittää perustuksiin myös perusmuuriin kiinnitettävillä kiinnikkeillä. Kuva 21 havainnollistaa CLT-ulkoseinän ja perustusten välistä liitosta.



KUVA 21. CLT-ulkoseinän ja perustuksen välinen periaatteellinen liitos (10)

4.7 Puoliponttiliitos

Puoliponttiliitos on hyväksi havaittu yksinkertainen liitos levyjen jatkoskohtien liitoksiin niin seinien kuin väli- ja yläpohjien liitoksissa. Siinä elementteihin lovetut pykälät asettuvat toisiinsa ja liitos voidaan kiinnittää saumamassan ja ruuvauksen avulla. Puoliponttiliitoksessa tulee ottaa huomioon näkyvillä pinnoilla lamellien mahdolliset kohdistukset levyjen saumakohdissa. Liitoksen asennusvälykset ovat riippuvaisia siitä, jääkö CLT-levyn pintoja näkyville vai ei. (9, s. 37.) Puoliponttiliitos on esitetty kuvassa 22.



KUVA 22. Puoliponttiliitoksen periaatteellinen kuvaus (10)

5 TIETOMALLINNUS

Rakennusalalla lähes kaikki suunnittelutyö tehdään tänä päivänä tietomallipohjaisilla suunnitteluohjelmilla luoden rakennuksista ja rakenteista malleja. Rakennuksesta tuotettua tietomallia voidaan hyödyntää monin eri tavoin, kuten rakennesuunnittelussa, tuotannon aikataulutuksessa ja työjärjestyksen suunnittelussa sekä eri suunnittelualojen välisten mallien yhdistämisessä ja niiden yhteensopivuudessa. (11, s. 8.)

Rakennuksen tietomallilla tarkoitetaan rakennusosista kasattua kolmiulotteista digitaalista mallia, jossa on geometriatiedon lisäksi osien välisiä yhteyksiä toisiinsa sekä rakennusosien ominaisuustietoa. Tietomallin sisältämää tietoa voidaan tarkastella, soveltaa eri käyttötarkoituksiin ja päivittää milloin vain, sillä malli on muodostettu ja tallennettu digitaaliseen muotoon. Tietomallista voidaan kääntää useille ohjelmistoille yhteensopiva IFC-malli, jonka avulla muut suunnittelijat voivat avata tietomallin omalla erikoisohjelmallaan heidän suunnitteluaan varten. (11, s. 12-13, 16.)

Tietomallia voidaan pitää virtuaalisena rakennuksena, joka pitää sisällään tietoa materiaaleista ja eri suunnittelun osa-alueista. Rakennuksen tietomalli kykenee näyttämään ja havainnoimaan, miltä valmis rakennus lopulta näyttää sekä millainen kokonaisuus yksittäisistä rakennusosista muodostuu. Tulostettavat dokumentit ja näkymät ovat aina peräisin yhdestä ja samasta tietomallista, jolloin malliin tehtävät päivitykset ja muutokset tulevat dokumentteihin automaattisesti. Tietomallista on mahdollista tulostaa loputon määrä leikkauksia ja dokumentteja kaikista rakennuksen osista. (11, s. 29-30.)

Tietomallin tuomia etuja rakennusten suunnittelussa ovat myös materiaalitiedon hyödyntäminen määrälaskennassa, yhteistyön ja tiedonkulun parantuminen sekä suunnitelmien laadunvarmistus todenmukaisen geometrian ansiosta. Lisäksi valmiin tietomallin esittely ja tarkastelu etäyhteydellä hankkeen eri osapuolten kesken vähentää virheitä sekä havainnollistaa rakennusta. Esimerkkeinä mainittuna tietomallista voidaan tarkastella tuotantolaitosten kanssa levyjen optimointia, urakoitsijoiden kanssa asennusjärjestyksiä ja detaljeja sekä loppukäyttäjien kanssa rakennuksen yleistä käytettävyyttä. (11, s. 30-31.)

Tietomallinnusta käytettäessä suunnitteluohjelmistoja voidaan jakaa useisiin eri ryhmiin. Suunnitteluun käytettäviä mallipohjaisia ohjelmia on saatavilla arkkitehtisuunnitteluun, rakennesuunnitteluun, talotekniikan suunnitteluun, mallien katseluun ja tarkasteluun sekä malleja hyödyntäviin projektinhallintaan, kuten määrä- ja kustannuslaskentaan. (11. s. 38-42.)

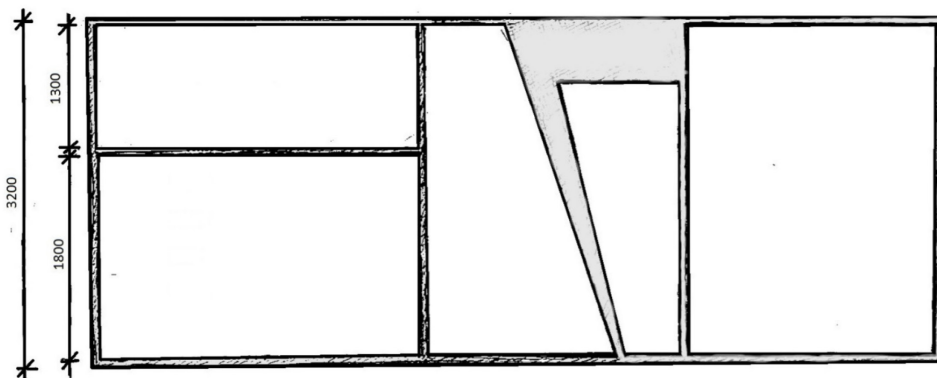
Tässä opinnäytetyössä on ollut käytössä Suomessa yleisesti käytetty Vertex BD Rakennussuunnitteluohjelmisto. Vertex BD on suomalaisen ohjelmistotalon kehittämä puurunkoisten talojen suunnitteluohjelmisto. Ohjelmistossa on kattava ja helposti muokattavissa oleva komponenttikirjasto ja se sisältää ominaisuudet sekä arkkitehti- että rakennesuunnitteluun. (11, s. 40-41.)

6 TUOTANNONSUUNNITTELU

Tuotannonsuunnittelun tukena on yrityksen sisäisessä käytössä oleva tarkistuslista, joka ohjaa suunnittelua oikea-aikaisesti vaihe vaiheelta. Tarkistuslista kattaa kaikki suunnittelun vaiheet lähtötiedoista valmiisiin dokumentteihin. Lisäksi tarkistuslistan avulla saadaan dokumentoitua jokainen työvaihe suoritetuksi.

CLT-rakennusten suunnittelussa on ensiarvoisen tärkeää huolellinen etukäteissuunnittelu, sillä muutoksien tekeminen työmaalla on työlästä johtuen massiivisesta puurakenteesta ja sen työstämisestä käsityökaluilla. CLT-rakennusta suunniteltaessa on tärkeää huomioida myös levyn mukanaan tuomat reunaehdot. (9, s. 9.)

Jo arkkitehtisuunnittelusta lähtien olisi hyväksi huomioida CLT-levyjen maksimi- ja minimimitat levyjen valmistuksessa syntyvän hukan minimoimiseksi. CLT-levyistä valmistetut elementit ja niiden muodot tulee suunnitella niin, että puristettavat CLT-levyt voidaan hyödyntää mahdollisimman tarkasti. Kuvassa 23 on esimerkki hukan minimoinnista. Elementtien monimuotoisuus aiheuttaa luonnollisesti hukan kasvamista. (7, s. 5.)



KUVA 23. CLT-elementin periaatteellinen levyjako (7, s. 5)

6.1 Lähtötiedot

CLT-rakennusten tuotannosuunnittelu tulee perustua rakennuksen lähtötietoihin. Lähtötietoina käytetään rakennuksesta olemassa olevia dokumentteja, joita ovat mm. rakennuksen pohja-, julkisivu- ja leikkauspiirustukset sekä sähkö- ja LVI-suunnitelmat. Jo alusta saakka suunnittelussa kannattaa ryhtyä hahmottelemaan CLT-levyjen pintalamellien suuntia ja elementtien mittoja. Edellä mainittuihin voivat vaikuttaa mm. levyjen tarvittavat mitat leveys- ja pituussuunnassa sekä asiakkaiden omat toiveet näkyvien pintalamellien suuntauksista. (9, s. 10.)

6.1.1 Pääpiirustukset

Tuotannosuunnittelun lähtötietoina tarvittavat pääpiirustukset tulee yleensä kohteen pääsuunnittelijalta/arkkitehdiltä. Pääpiirustuksiin kuuluvat rakennuskohteen pohjapiirustukset kerroksittain, julkisivupiirustukset sekä leikkauspiirustukset. Leikkauspiirustusten määrä riippuu suunniteltavan kohteen monimuotoisuudesta. Pääpiirustukset tulisi saada tuotannosuunnittelun käyttöön sekä PDF- että DWG-muodossa tuotannosuunnittelun aikaisen tarkistusmittausten mahdollistamiseksi. (9, s. 10.)

Tuotannosuunnitteluun tulevien pääpiirustusten tulisi olla täysin valmiina, kaikki muutokset tehtyinä ja materiaalit paikkaansa pitävinä. Muutokset pääpiirustuksissa tuotannosuunnittelun jo käynnistyttyä voivat johtaa tuotannosuunnittelun aloittamiseen alusta. (9, s. 10.)

6.1.2 Sähkösuunnitelmat

CLT-elementteihin työstöt tehdään jo elementtitehtaalla, jolloin sähkösuunnitelmissa on oltava selkeästi esitettyinä sähkörsioiden korkeustasot pystysuunnassa sekä sähköjohtojen vetosuunnat. Perinteisesti rakennetussa puurunkoisessa ja sisäpinnaltaan verhoillussa seinässä sähkörsioiden työstöt on ollut mahdollista tehdä työmaalla käsityökaluilla.

Sähkösuunnittelijoilla pitää olla käsitys CLT-elementteihin tehtävistä työstöistä, koska esim. molemmin puolin näkyvälle pinnalle jäävälle CLT-väliseinälle voi olla haastavaa löytää sähköreitit sekä ylös että alas ilman asian huolellista suunnittelua.

Elementin keskellä kulkevan porauksen maksimisyvyys on 1 500 mm, jolloin ylhäältä alas asti läpi poratun CLT-väliseinäelementin maksimikorkeus voi olla 3 000 mm. Poraus voi olla halkaisijaltaan joko 25 mm tai 32 mm. Haluttu porauksen halkaisija tulee esittää sähkösuunnitelmissa, jotta riittävä määrä sähkökaapeleita mahtuu varmasti reittejä pitkin kulkemaan. Seinäelementin alapinnasta alle 1 500 mm:n korkeudella olevat kaapelireitit on yleensä helpompi kuljettaa lattian kautta.

Sähkökaapeleita on mahdollista kuljettaa ovien karmeihin ajetuissa urissa, jolloin usein päästään oven vieressä oleville kytkimille ylhäältäpäin. Mikäli CLT-levyn pinta ei jää näkyville, niin silloin kaapelien reitityksille on mahdollista tehdä urat levyn pintaan. CLT-ulkoseinillä kaapelien reititykset ovat mahdollisia ulkoseinäelementin ulkopintaan tehdyssä urassa, jos ulkopintaan asennetaan ulkoverhous. Tässä ratkaisussa seinän läpi poratut reiät tulee tiivistää huolellisesti tiiviiden saavuttamiseksi.

Sähkösuunnitelmat tulee aina saada tuotannonsuunnittelun käyttöön DWG-muodossa mittojen tarkistuksen vuoksi.

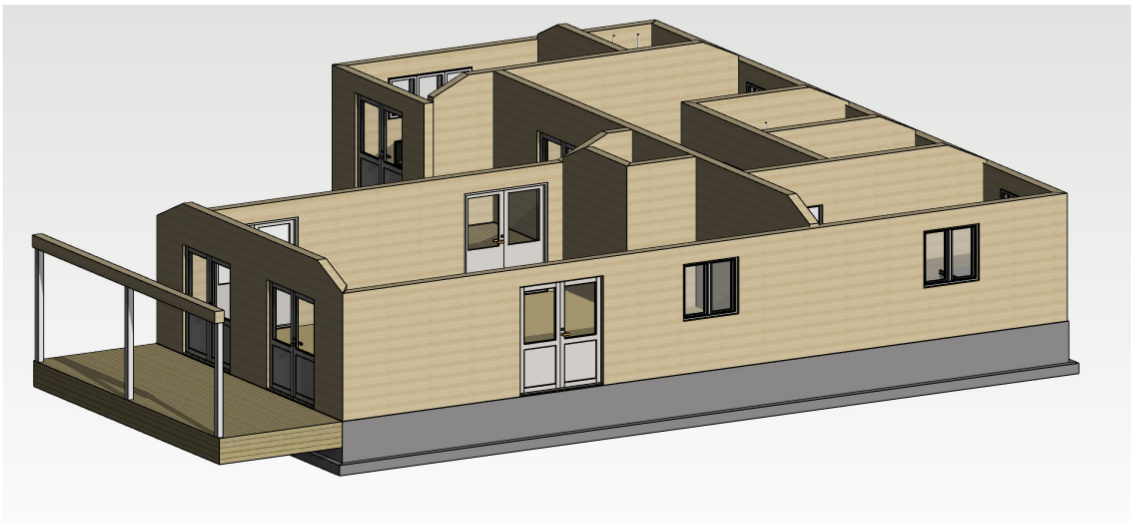
6.1.3 LVI-suunnitelmat

LVI-tarvikkeiden vaatimat työstöt CLT-levyissä tehdään elementtitehtaalla, jolloin niiden suunnitelmissa tulee esittää läpivientien pystysuuntaiset korkeustasot sekä haluttu reikien koko. IV-putkien eristevahvuudet tulee esittää selkeästi suunnitelmissa, jotta tuotannonsuunnittelija osaa tehdä CLT-elementtiin tarvittavan kokoisen reiän asennusvaran huomioon ottaen. LVI-suunnitelmissa on esitettävä lisäksi erikoistyöstöjen vaatimat tilat asennuksille, kuten esim. hanakulmille tehtävät jyrsinnät.

LVI-suunnitelmat tulee toimittaa tuotannonsuunnitteluun DWG-muodossa mittojen tarkistamista varten.

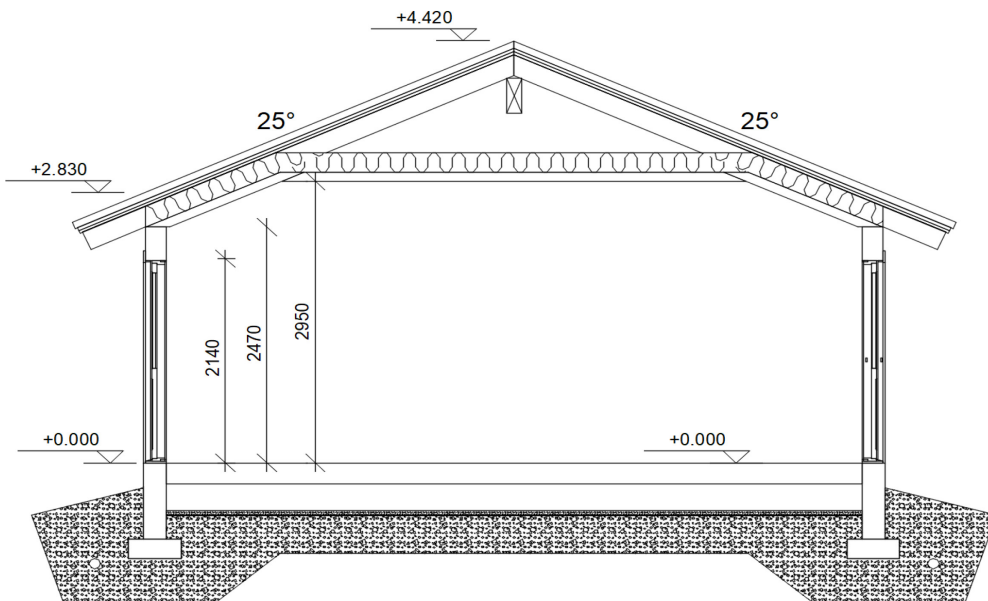
6.2 Arkkitehtimalli

Arkkitehtimallilla tarkoitetaan suunnitteluohjelmiston tilaa, jossa voidaan luoda rakennuksen 3D-geometria. Suunnitteluohjelmistolla rakennuksen mallinnus aloitetaan seinien mallintamisella pohjapiirustuksessa annettujen mittojen mukaisesti. Seinien lisäksi arkkitehtimallissa lisätään kaikki tarvittavat rakenteet, kuten perustukset, ala-, väli- ja yläpohjat, katot sekä mahdolliset pilari- ja palkkirakenteet. Periaatteellinen näkymä arkkitehtimallista on esitetty kuvassa 24.



KUVA 24. Näkymä arkkitehtimallista (10)

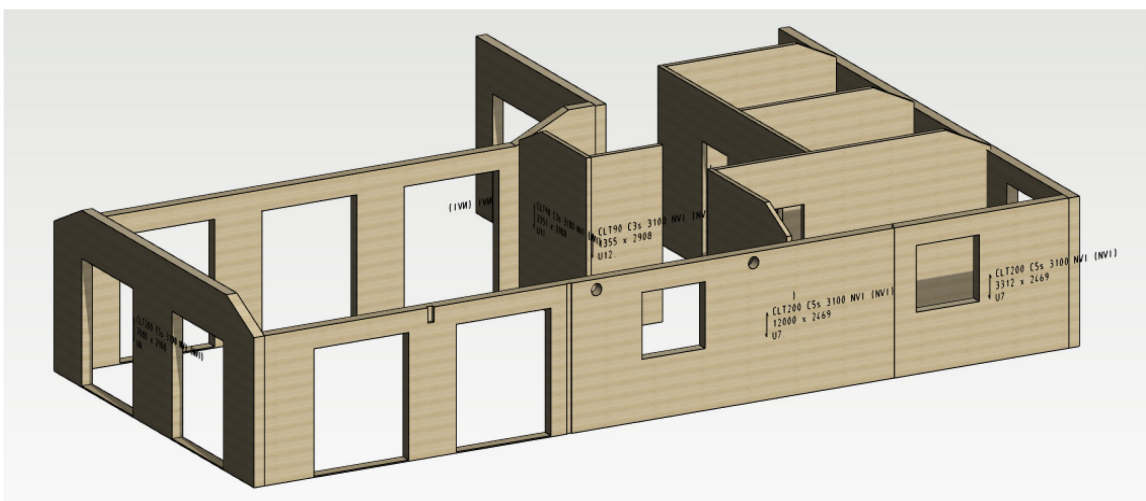
Rakenteiden lisäämisen jälkeen malliin lisätään suunnitelmien mukaiset ikkuna- ja oviaukot. Suunnitteluohjelmiston asetuksissa saadaan määriteltyä aukkojen vaatimat asennusvälykset, mitkä tulevat näkyville suoraan lisättyinä aukon mittaan. Arkkitehtimallissa mitoitetaan rakennuksen pystygeometria vastaamaan pääpiirustusten leikkauspiirustuksia niin alapohjan, välipohjan kuin yläpohjankin osalta. Kuvassa 25 on esitetty periaatteellinen leikkauspiirustus, jonka mukaan rakennuksen pystygeometria voidaan mallintaa.



KUVA 25. Periaatteellinen leikkauspiirustus (10)

6.3 Rakennemalli

Rakennemallilla tarkoitetaan suunnitteluohjelmistossa käytettävää tilaa, jossa luodulle 3D-mallille voidaan tehdä seinät elementeiksi jakava elementtijako. Rakennemalli määräytyy aikaisemmin arkkitehtimallissa tehtyjen rakenteiden mittojen perusteella ja rakennemallissa CLT-levyille annetaan tiedoksi levyssä käytettävä rakenne (lamellisuunta) sekä levyn maksimitat. Lisäksi rakennemallissa elementteihin tehdään tarvittavat työstöt (urat, lovet, läpiviennit jne.). Työstöjä sekä elementtijakoa on havainnollistettu kuvassa 26.



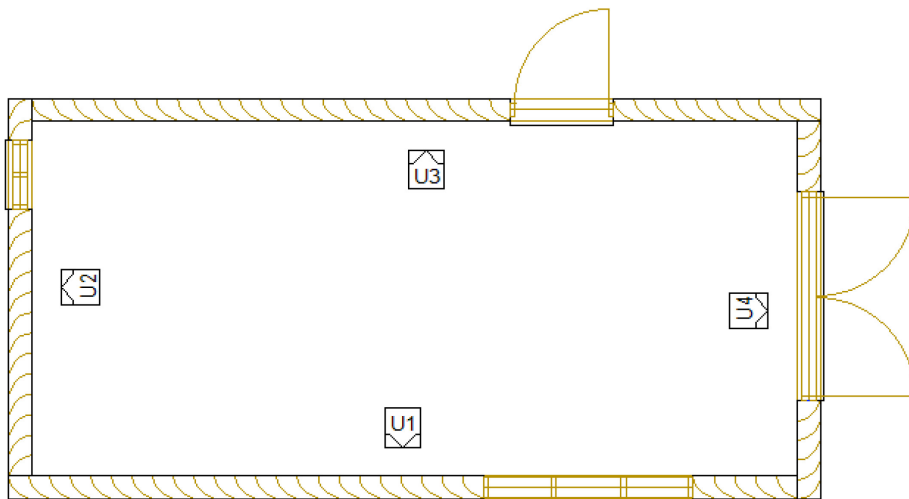
KUVA 26. Näkymä rakennemallista (10)

CLT-levyjen elementoinnilla tarkoitetaan levyjen välisten liitosten sijoittamista haluttuihin paikkoihin. Levyjen elementoinnin perustana on käytettävien levyjen maksimi- ja minimikokojen tunteminen, sillä levyillä on olemassa maksimimittojen lisäksi minimileveys, mitä pienempää levyä ei voida tuotantoteknisistä syistä valmistaa. Levyjen elementoinnin suunnittelussa pyritään käyttämään oikean kokoisia levyjä tehokkaan tuotannon varmistamiseksi. (9, s. 36.)

Elementtijakoon vaikuttavia tekijöitä levykoon- ja rakenteen lisäksi voi olla mm. aukkojen sijoittuminen elementin katkaisukohtalle. Elementtijako voi määräytyä automaattisesti käytettävän levyn maksimimittojen mukaan, mutta monesti levyjen liitoskohdat asetetaan manuaalisesti elementoinnin kannalta sopivimpiin paikkoihin. (9, s. 36.)

6.4 Elementtien asennusjärjestys

CLT-elementtien asennus aloitetaan luonnollisesti alhaalta ylöspäin joko alapohjalla tai yleensä ulkoseinillä. Kuvassa 27 on esimerkki siitä, miten ulkoseinien suora nurkkaliitos pyritään suunnittelemaan etenemään samaan suuntaan välttäen seinäelementtien väliin asennusta. Ulkoseinien asennusjärjestys olisi U1, U2, U3 ja U4. (9, s. 12-13.)

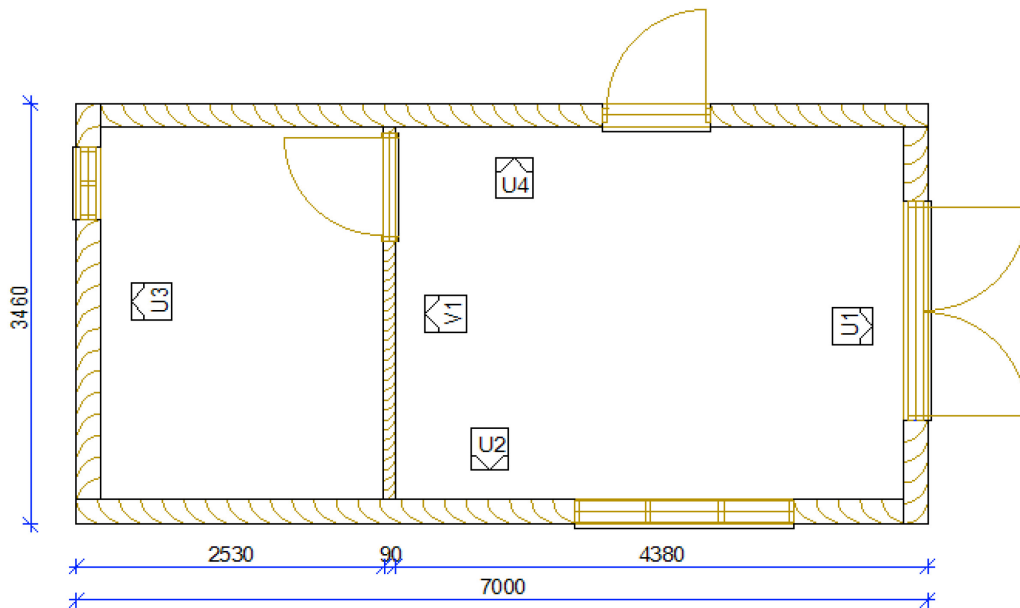


KUVA 27. Ulkoseinä nurkkien periaatteellinen etenemisen suunta (10)

CLT-elementtien asennusjärjestys pyritään suunnittelemaan alkavaksi nostokalustosta katsottuna kauimmaisesta nurkasta lähtien. Näin päästään tulemaan asennuksessa lähemmäksi nostokalustoa ja vältetään korkeat nostot jo valmiiksi asennettujen elementtien ylitse. (9, s. 12-13.)

Elementtien asennusjärjestystä suunniteltaessa on huomioitava puoliponttien puolet asennuksen helpottamiseksi. Esimerkiksi välipohjalevyjen asennuksissa puolipontit tulisi olla limitettyinä niin, että seuraava levy voidaan asentaa edellisen päälle välttäen levyjen väliin/alle asentamista. (9, s. 12-13.)

CLT-elementtien asennusjärjestys tulisi suunnitella myös siten, että yhtään elementtiä ei jouduttaisi asentamaan jo kahden valmiiksi asennetun elementin ahtaaseen väliin. Esimerkiksi seinäelementtien asennuksessa tulee asentaa mahdolliset ulkoseinien väliin tulevat väliseinät ennen kaikkia ulkoseiniä, jotta vältetään elementtien asennus kahden valmiiksi asennetun elementin ahtaaseen väliin. Kuvan 28 esimerkissä asennusjärjestys voi olla U1, U2, V1, U3 ja U4. (9, s. 12-13.)



KUVA 28. CLT-seinien asennuksen periaatepiirustus (10)

6.5 Dokumenttien luonti

Tärkeä osa tuotannosuunnittelua on luoda paikkansapitävät ja selkeälukuiset dokumentit niin elementtien tuotantolaitosten kuin työmaan urakoitsijoidenkin käyttöön. Dokumenttien määrä vaihtelee sovitun toimitussisällön mukaisesti, mutta yleensä tuotannosuunnittelun lopputuotteena syntyvät CLT-levyjen elementtikuvat sekä mitoitettu työpohjapiirustus. (9, s. 41-44.)

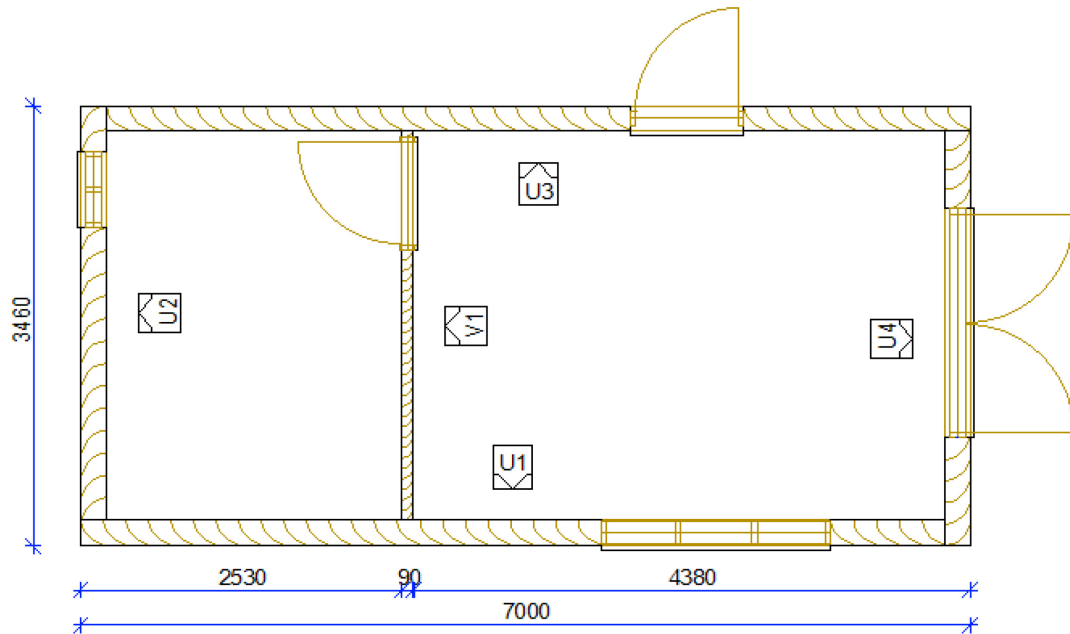
Dokumentit lähetetään asiakkaalle, tekniikkasuunnittelijoille sekä pääsuunnittelijalle tarkistettavaksi. Näin varmistetaan, että suunnitelmat ovat paikkansapitäviä ja tuotantoon kelpaavia. Mahdollisuuksien mukaan olisi suotavaa tarkastella tietomallia asiakkaan kanssa kokonaisuuden havainnollistamiseksi sekä mahdollisten virheiden välttämiseksi. Malli yhdistää elementit yhteen ja havainnollistaa asiakkaalle valmistuvan rakennuksen kokonaisuuden ja siinä olevat rakenteet piirustusdokumenteja paremmin. (9, s. 41-44.)

Tuotannosuunnittelusta valmistuneet työpohjapiirustus ja elementtikaaviot ovat kuitenkin tärkeässä osassa työmaalla tapahtuvassa elementtien asennuksessa sekä elementtien valmistuksessa (9, s. 41-44).

6.5.1 Mitoitettu työpohjapiirustus

Mitoitettu työpohjapiirustus esittää rakennuksen pohjapiirustuksen mittoineen ja elementtitunnuksineen. Jokaisella elementillä on oma tunnus, joka numeroi elementin ja kuvaa sen käyttöä. Esimerkiksi U-elementit tarkoittavat ulkoseiniä, V-elementit väliseiniä ja C-elementit yläpohjaelementtejä. Elementtitunnus esittää pohjapiirustuksessa myös levyn katsomissuunnan elementin omassa kaaviokuvassa. Lisäksi työpohjapiirustuksessa esitetään elementteihin kaikki liittyvät rakenteet, kuten palkit ja muut kuin CLT:tä olevat rakenteet. (9, s. 44.)

Elementtitunnukset on käytännöllistä ja tarpeellista numeroida asennusjärjestyksen mukaisesti, sillä asennusjärjestys määrittää myös tehtaalla tapahtuvan elementtien pakkausjärjestyksen. Selkeän numeroinnin perusteella suunniteltu asennus- ja pakkausjärjestys helpottaa huomattavasti työmaalla tapahtuvaa asennusta sekä mahdollistaa tarvittaessa suoraan autosta asennuksen välttämisen välivarastointia. (9, s. 44.) Periaatteellinen työpohjapiirustus on esitetty kuvassa 29.

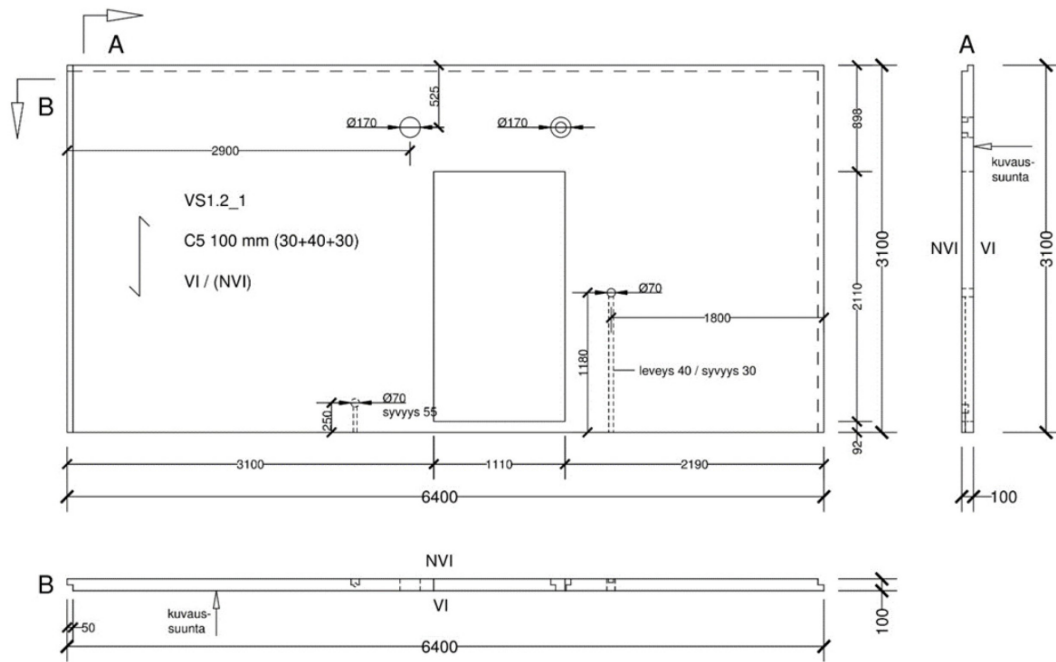


KUVA 29. Työpohjapiirustuksen periaatteellinen esitystapa (10)

6.5.2 CLT-elementtikuvat

Elementtikuva on tasokuva yksittäisestä CLT-elementistä. Jokaisesta elementistä luodaan elementtikuva erikseen, vaikka ne sijaitisivat samalla seinällä tai väli-/yläpohjalla. Elementtikuvissa on esitettävä kyseinen elementti edestäpäin kuvattuna sekä leikkauskuvat vaaka- ja pystysuunnasta. Kuvasta on myös käytävä ilmi levyn maksimipituus ja -leveys. (9, s. 41-44.)

Lisäksi kuvissa on oltava elementin oma tunnus, joka löytyy työpohjapiirustuksesta, nuolella esitetty elementin kuvaussuunta, pintalamellien kuvaussuunta, elementin pintojen näkyvyyden osoittava laatu kuvauspuoli ensin mainittuna (VI/NVI) (VI = Visual, NVI = Non-Visual), kaikki levyn reunoissa tai keskellä levyä kulkevat työstöt, aukot ja viisteet sekä mitat selkeästi esitettyinä omilla tasoillaan. (9, s. 41-44.) Kuvassa 30 on esitetty periaatteellinen CLT-elementtikuva leikkauksineen, mittoineen ja esitystapoineen.



KUVA 30. Periaatteellinen kuva CLT-elementtikuvasta (9, s. 43)

7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin CLT-rakenteisen pientalon tuotannosuunnitteluun sekä sen onnistumiseen suunnittelijoiden, CLT-elementtitehtaan ja asennuksista vastaavien urakoitsijoiden näkökulmista. Tavoitteena oli tuottaa suunnitteluohje, jonka avulla saadaan dokumentoitua sekä käyttöönottaa vakioituja, hyväksi havaittuja suunnitteluratkaisuja. Lisäksi opinnäytetyö loi tilaajayritykselle suunnittelijoiden omassa käytössä olevan tarkistuslistan, jonka avulla tuotannosuunnittelun eri vaiheet saadaan jaksotettua oikeisiin vaiheisiin tehokkaan suunnittelutyön varmistamiseksi.

Opinnäytetyön tavoitteet täyttyivät mielestäni hyvin. Sain dokumentoitua CLT-suunnittelun arvokasta elementtitehtaalta ja työmaaurakoitsijoilta tullutta ”hiljaista tietoa” suunnitteluohjeeseen, jonka jatkaminen varmasti jatkuu uuden tiedon lisääntyessä suunnittelijoilla. Työn haasteena voisinkin pitää suhteellisen uuden suunnittelualan tiedon ja lähteiden puuttumista, mutta toisaalta edellä mainittu kertoo tämän opinnäytetyön aiheen tärkeyden merkityksestä.

CLT-elementtirakentaminen korostaa suunnittelun merkitystä tuotannosuunnittelun lisäksi myös kohteiden sähkö- ja LVI-suunnittelijoilla. Työmaalla tehtävät muutokset eivät ole yhtä helppoja toteuttaa kuin perinteisemmässä rankarakentamisessa, jolloin kaikilla CLT-kohteiden suunnittelijoilla tulee olla ymmärrystä CLT-levyjen erityispiirteistä suunnittelun kannalta. Tämä suunnitteluohje voi auttaa monia sähkö- ja LVI-suunnittelijoita hahmottamaan CLT-levyjen ominaisuudet ja mahdollisuudet sekä välttämään suurimmat virheet työstöjen suunnittelussa.

LÄHTEET

1. Tolppanen, Janne - Karjalainen, Markku - Lahtela, Tero & Viljakainen, Mikko 2013. Suomalainen puukerrostalo – Rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen. Tampere. Opetushallitus.
2. Vatanen, Mikko - Ahoranta, Tytti - Sirkka, Antti - Pirttinen, Valtteri 2017. CLT – monipuolinen, nopea ja ekologinen rakennusmateriaali. Lapin Ammattikorkeakoulun julkaisuja. 3/2017. Hakupäivä 23.4.2021. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/123601/B%20%202017%20Sirkka%20Pirttinen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
3. Puuinfo 2020. Insinööripuutuotteet. Monikerroslevy. Hakupäivä 23.4.2021. <https://puuinfo.fi/puutieto/insinoorituotteet/monikerroslevy-clt/>.
4. Crosslam 2020. Syrjäliimaamaton CLT – paras Suomen olosuhteisiin. Hakupäivä 30.4.2021. <https://www.crosslam.fi/uutiset/uutiset/syrjaliimaamaton-clt-paras-suomen-olosuhteisiin.html>.
5. Mikkola, Matti 2015. Puu, moderni ratkaisu urbaaniin rakentamiseen. Teollisuuden metsänhoitajien syysseminaari. Diaesitys. Hakupäivä 30.4.2021. <http://www.teollisuudenmetsanhoitajat.fi/wp-content/uploads/2015/03/Teollisuuden-metsanhoitajien-syysseminaari-Matti-Mikkola-Stora-Enso.pdf>.
6. Puuinfo 2020. Insinööripuutuotteet. CLT. Hakupäivä 7.5.2021. <https://puuinfo.fi/tuotteet/insinooripuutuotteet/clt/crosslam-kuhmon-clt-cross-laminated-timber/>.
7. Crosslam 2019. Suunnittelijat. Materiaalipankki. Hakupäivä 8.12.2021. <https://www.crosslam.fi/media/ladattavat-pdf/clt-suunnittelun-ohje.pdf>.
8. Elementti Sampo 2021. Tuotteet. Kerrostaloelementit. Hakupäivä 8.12.2021. <https://www.elementtisampo.fi/tuotteet/>.
9. Rautiainen, Esa 2018. CLT-käyttöopas pienrakentajille ja suunnittelijoille. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Opinnäytetyö. Hakupäivä 8.12.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/145780/Rautiainen_Esa.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
10. SRJK Oy 2021. Materiaalipankki. Valmiit kohteet. 2021. Hakupäivä 8.12.2021. (yrityksen sisäisessä käytössä.)
11. Jäväjä, Päivi – Lehtoviita, Timo 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki. Rakennustieto.