

Jyri Mäkelä

**Erikoistyöstöjen hyödyntäminen pientalorakentamisessa**

Finnlamelli Oy

Opinnäytetyö

Kevät 2011

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Jyri Mäkelä

Työn nimi: Erikoistyöstöjen hyödyntäminen pientalorakentamisessa, Finnlamelli Oy

Ohjaaja: Heikki Heiskanen

Vuosi: 2011

Sivumäärä: 45

Liitteiden lukumäärä: 10

---

Tämä Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona alajärveläiselle lamellihirsitalotehdas Finnlamelli Oy:lle. Opinnäytetyön aiheena on erikoistyöstöjen hyödyntäminen pientalorakentamisessa.

Työn tavoitteena oli omakotitalon erikoistyöstöjä sisältävien rakenteiden suunnittelu sekä erikoistyöstöoppaan laatiminen.

Työssä tarkastellaan puuta rakennusmateriaalina sekä hirsirakentamisen erityispiirteitä. Lisäksi työssä tutustutaan erikoistyöstöohjelmiin, Hundeggerin yhdistelmäkoneisiin ja hirsitalon suunnitteluprosessiin.

Työn tuloksena saatu opas sisältää kuvia ja tietoja erilaisista hirsirakentamisessa käytetyistä työstöistä ja liitoksista. Oppaan tekemisessä käytettiin apuna erikoistyöstämisen tuotannosuunnittelussa käytettäviä ohjelmia. Opas palvelee laajaa käyttäjäkuntaa.

Oppaan lisäksi työn tuloksena saatiin omakotitalon päätyelementtien ja katon erikoistyöstöt rakenteineen mallinnettuna kolmiulotteiseksi sekä kehitettiin hieman niiden mallintamista. Suunnittelu tehtiin HsbCAD:lla.

Erikoistyöstäminen nopeuttaa ja monipuolistaa rakentamista sekä parantaa rakentamisen laatua.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin kokonaisuudessaan hyvin.

Avainsanat: erikoistyöstäminen, hirsirakentaminen, katot, puurakentaminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Jyri Mäkelä

Title of thesis: Utilising special machining in house building

Supervisor: Heikki Heiskanen

Year: 2011

Number of pages: 45

Number of appendices: 10

---

The thesis was commissioned by a log house manufacturer Finnlamelli Oy from Alajärvi. The purpose of the thesis was to create a special machining guide and to design special machinings of a house.

The thesis studies wood as building material and special features of log house construction. Special machining programs, Hundegger joinery machines and the designing process of a log house are also studied in the thesis.

A special machining guide includes pictures and information concerning machinings of a log house. For the making of the guide the same programs were used that are used in production designing. The guide is useful for a large variety of users.

The gable elements and special machinings of the roof modelled as three-dimensional are also one of the results of the thesis. The designing and modelling of the house were made with HsbCAD.

Special machining makes construction faster, more versatile and improves the quality of construction.

The goals of the thesis were reached overall well.

Keywords: special machining, log construction, roofs, wood building

# SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>9</b>
1.1 Työn tausta .....	9
1.2 Työn tavoitteet ja rajaus .....	9
1.3 Finnlamelli Oy .....	10
1.4 Tuotteet ja palvelut.....	10
<b>2 KIRJALLISUUSOSA .....</b>	<b>12</b>
2.1 Puu rakennusmateriaalina .....	12
2.1.1 Puun fysikaaliset ominaisuudet.....	12
2.1.2 Lujuusominaisuudet .....	13
2.1.3 Puuliitokset.....	15
2.1.4 Puuntyöstö .....	18
2.2 Hirsirakennuksen erityisominaisuudet.....	18
2.2.1 Kutistumat ja painumat.....	18
2.2.2 Tapitus ja pulttaus.....	20
2.2.3 Sisäilmanlaatu ja seinärakenteen tiiveys.....	21
2.2.4 Palonkesto .....	22
2.2.5 Ääneneristävyys.....	22
2.3 Hundeggerin työstökoneet .....	23
2.3.1 Historiaa.....	23
2.3.2 Yhdistelmäkone K2i .....	24
2.4 Erikoistyöstöohjelmat .....	25
2.4.1 K2 EKP .....	25
2.4.2 LogCad .....	26
2.4.3 HsbCAD.....	27
<b>3 KOKEELLINEN OSA.....</b>	<b>29</b>

3.1	Erikoistyöstökohteen valinta.....	29
3.2	Erikoistyöstöoppaan laatiminen.....	29
4	<b>TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....</b>	<b>31</b>
4.1	Hirsitalon suunnitteluprosessi.....	31
4.2	Erikoistyöstöjen suunnittelu omakotitaloon .....	32
4.2.1	Erikoistyöstöjen toteutus .....	32
4.2.2	Pääkatto ja vastaharja .....	32
4.2.3	Kuisti .....	33
4.2.4	Kattolyhdyt .....	33
4.2.5	Poikaselementit.....	33
4.2.6	Vasojen päiden viistäminen .....	34
4.2.7	Päätyelementit .....	34
4.2.8	Työstettävien kappaleiden tietojen siirto Hundeggerille .....	35
4.2.9	Lopputulos .....	36
4.3	Erikoistyöstöopas .....	36
5	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISMAHDOLLISUUDET .....</b>	<b>37</b>
5.1	Erikoistyöstöjen suunnittelu.....	37
5.2	Erikoistyöstöopas .....	38
5.3	Erikoistyöstämisen hyödyt pientalorakentamisessa .....	38
6	<b>YHTEENVETO.....</b>	<b>40</b>
	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>43</b>
	<b>LIITTEET .....</b>	<b>45</b>

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. KotiOnni 267. (Finnlamelli 2011e.).....	11
Kuvio 2. Lohenpyrstöliitos. ....	16
Kuvio 3. Karaura. (Finnlamelli Oy 2010, 36.) .....	20
Kuvio 4. Följäri. (Finnlamelli Oy 2010, 40.) .....	21
Kuvio 5. Yhdistelmäkone Hundegger K2i. (Hundegger 2010.).....	25
Kuvio 6. K2 EKP -ohjelman käyttöliittymä. ....	26
Kuvio 7. Kuva LogCad-ohjelmasta.....	27
Kuvio 8. Kuva HsbCAD-ohjelmasta. ....	28
Taulukko 1. Sahatavaran ominaislujuudet ja -kimmomoduulit aikaluokassa B ja kosteustilassa 1. (Rakentamismääräyskokoelma 2001.) .....	14
Taulukko 2. Liimapuun ominaislujuudet ja -kimmomoduulit aikaluokassa B ja kosteustilassa 1. (Rakentamismääräyskokoelma 2001.) .....	14
Taulukko 3. Käytetyn puutavaran poikkileikkaukset.....	35

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Anisotropia</b>	Puu on anistrooppinen materiaali eli se kutistuu ja turpoaa eri suuntiin eri tavoin. Anistrooppisen materiaalin ominaisuudet ovat erilaiset tangentin, säteen ja pituudensuunnassa.
<b>Erikoistyöstö</b>	Työstöjä joita ei voi tehdä normaalin hirsikehikon työstön yhteydessä. Myös kattorakenteita ja päätyelementtejä erikoistyöstetään. Työstöt tehdään Hundegger yhdistelmä-koneilla.
<b>Hygroσκοoppisuus</b>	Hygroσκοoppisella aineella on kyky sitoa itseensä vettä ja vesihöyryä. Puu on hygroσκοoppinen aine eli sen kosteuspitoisuus vaihtelee ilmankosteuden mukaan.
<b>Följari</b>	Hirsiseinän jäykistykseen käytettävä pilari.
<b>Jiiri</b>	Vesikaton kuvetaive tai kahden samaan kulmaan sahatun puuosan liitoskohta.
<b>Kara</b>	Hirsiseinän ikkuna- ja oviaukkojen pieliin asennettava painuman salliva ja sivusiirtymän estävä pystypuu.
<b>Kattolyhty</b>	Rakennuksen vesikatolla sijaitseva rakenne, jolla saadaan rakennuksen ulkonäköön lisää näyttävyyttä, sekä sisätiloihin lisää valoa ja korkeutta.
<b>Kimmomoduuli</b>	Ilmaisee kappaleen kyvyn vastustaa sitä muovaavia voimia. Mitä suurempi kimmomoduulin arvo, sitä paremmin kappale vastustaa muodonmuutoksia.
<b>Lamellihirsi</b>	Muotoonsa höylätty rakennuskappale, joka koostuu kahdesta tai useammasta liimalla yhteen kootusta puisesta lamellista.

<b>Lujuus</b>	Kappaleen kyky vastustaa siihen kohdistuvia voimia muuttamatta muotoaan.
<b><math>n_{50}</math> [1/h]</b>	Ilmanvuotoluku $n_{50}$ kertoo montako kertaa tunnissa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu rakennusvaipan vuoto-kohtien kautta, kun rakennukseen muodostetaan 50 Pascalin yli- tai alipaine.
<b>Painuma</b>	Puun kuivumiskutistumasta, kuormituksesta ja saumojen tiivistymisestä johtuva seinän laskeutuminen.
<b>Poikanen</b>	Päätyräystään kannatin rakenne.
<b>Pre-cut</b>	Valmiiksi tarvittavaan pituuteen katkottua puutavaraa.
<b>Päätyelementti</b>	Tasakertaisen hirsikehikon päädyn päälle asennettava pystyrunkoinen kolmionmuotoinen elementti.
<b>Tapitus</b>	Estää yksittäisen hirren sivuttaista liikkumista hirsiseinässä liittämällä kaksi tai useampia hirsiiä pystysuunnassa yhteen.
<b>Tasapainokosteus</b>	Puu on tasapainokosteudessa silloin kun se sisältää vettä niin paljon kuin se vallitsevissa kosteusolosuhteissa kykenee sisältämään. Puu pyrkii aina tasapainokosteuteen, joten se imee ilmasta kosteutta tai luovuttaa sitä, kunnes tietty kosteusolosuhteita vastaava tasapainokosteus on saavutettu.
<b>Timber Frame</b>	Pilari- ja palkkirunkoinen perinteisin puuliitoksin toteutettu puurakennus.
<b>Vasarakenne</b>	Sahatavararakenteinen katon kannatin rakenne.



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Ajatus opinnäytetyöhön syntyi Finnlamelli Oy:n tarpeesta tehostaa suunnittelua ja lisätä työntekijöiden tietämystä koskien erikoistyöstämistä. Ongelmana oli se, että tietoja erikoistyöstämisestä ei ollut minkäänlaisessa julkaisussa, vaan ne olivat ainoastaan erikoistyöstöjä suunnittelevan työntekijän päässä. Tässä opinnäytetyössä laaditun oppaan avulla vältetään turhalta työltä, kun tietoja ei tarvitse aina kysyä erikoistyöstösuunnittelijalta. Oppaasta on hyötyä useille erilaista työtä tekeville Finnlamelli Oy:n työntekijöille. Myös Hundeggerien käyttö tehostuu, sillä erikoistyöstämisestä laaditun oppaan avulla suunnittelu nopeutuu, ja siten Hundeggerien tuotantokapasiteettia voidaan hyödyntää tehokkaammin.

Luonnollinen osa työtä oli myös omakotitalon erikoistyöstöjen suunnitteleminen ja erilaisiin ohjelmiin tutustuminen.

## 1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Työn tavoitteena on laatia erikoistyöstöjä käsittelevä opas sekä toteuttaa valitun omakotitalon erikoistyöstöt. Oppaasta on tarkoitus tehdä mahdollisimman laajaa käyttäjäkuntaa palveleva sekä helposti päivitettävissä oleva. Kohteen toteutuksessa päätavoite on tutustua ohjelmiin ja oppia tekemään erikoistyöstöjen tuotannon suunnittelua. Tavoitteena on myös testata joitakin uusia ominaisuuksia, joista saataisi olla hyötyä ja täten kehittää suunnittelua.

Oppaasta rajataan pois Timber Frame –taloja käsittelevät työstöt sekä ohjeet ja keskityttiin hirsirakentamiseen. Erikoistyöstökohteen toteutus rajataan vesikaton ja päätyelementtien mallinnukseen ja työstöjen tekoon. Erikoistyöstöohjelmista keskitytään lähinnä HsbCAD:iin, mutta muihinkin tutustutaan pintapuolisesti.

### 1.3 Finnlamelli Oy

Finnlamelli Oy on alajärveläinen liimattujen puurakenteiden valmistukseen ja markkinointiin erikoistunut yritys. Yritys rekisteröitiin vuonna 1995, mutta varsinaisen toiminta alkoi vuonna 1996. Finnlamelli kuuluu suurimpiin lamellihirren valmistajiin Suomessa. (Finnlamelli 2011a.)

Finnlamellilla työskentelee noin 130 työntekijää, joista noin 70 % on tuotannon työntekijöitä. Yrityksellä on käytössään modernit Hundegger -työstölinjat, jotka otettiin käyttöön vuosina 2007 ja 2008. Hundeggerit mahdollistavat erikoistyöstöjen tekemisen. Uusin tuotantohalli ja Hundeggerin työstökone otettiin käyttöön vuonna 2010. Uusimmassa hallissa pystytään työstämään 270 x 260 mm kokoisia hirsisiä. Toisena uutuuksena hallissa aloitettiin päätyelementtien valmistus hirsitaloihin. Nykyinen tuotantokapasiteetti riittäisi jopa 1000 talotoimituksen vuosittaiseen valmistukseen. (Finnlamelli 2011b.)

Finnlamelli Oy:n liikevaihto oli vuonna 2009 noin 22 miljoonaa euroa (v.2007 31 MEUR). Viennin osuus liikevaihdosta oli 40 % vuonna 2009. Hirsitalojen osuus liikevaihdosta oli 85 % ja loput 15 % pitää sisällään liimapuupalkit, pilarit ja hirsiaihiot. (Finnlamelli 2011a.)

### 1.4 Tuotteet ja palvelut

Yrityksen päätuotteina ovat lamellihirrestä valmistetut omakotitalot (Kuvio 1) ja vapaa-ajan asunnot, joiden lisäksi Finnlamelli tarjoaa asiakkailleen myös pilari ja palkkirunkoisia Timber Frame -taloja. Kokonaistoimitusten ohella yritys valmistaa rakennus- ja puuteollisuuden käyttöön liimapuukannatteita, sormijatkettua rakennesahatavaraa, liimattuja tolppia ja pilareita sekä hirsiaihioita. (Finnlamelli 2011b.)

Tuotteiden laadun takaa huolellisesti valitut raaka-aineet, modernit tuotantotekniikat, ammattitaitoinen henkilöstö ja yhteistyö Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen kanssa. Laatua todistaakin useat VTT:n tuotesertifikaatit. (Finnlamelli 2011a.)

Tuotantolaitos sijaitsee Alajärven teollisuusalueella, mutta myyntipisteitä yrityksellä on 21 kpl ympäri Suomea. Suurin osa toimituksista on asiakkaiden omien toivei-

den mukaisia, mutta yrityksellä on vakiomalleja, joiden pohjalta usein myös asiakkaita varten räätälöinti alkaa. (Finnlamelli 2011c.)

Suurin osa vientikohteista toimitetaan Keski-Eurooppaan, mutta hirsirakennuksia viedään myös ympäri maailmaa. Toimituksissa tehdään usein yhteistyötä paikallisten rakennesuunnittelijan tai arkkitehdin kanssa, jotka tuntevat paremmin kohde-  
maan rakentamiskulttuurin. Vientikohteina on usein myös erilaisia projektikohteita, kuten hotelleja ja golfklubeja. (Finnlamelli 2011d.)



Kuvio 1. KotiOnni 267. (Finnlamelli 2011e.)

## 2 KIRJALLISUUSOSA

### 2.1 Puu rakennusmateriaalina

#### 2.1.1 Puun fysikaaliset ominaisuudet

Puulajeista kuusta ja mäntyä käytetään Suomessa tavallisimmin rakentamisessa. 15 prosentin kosteudessa niiden tiheys eli tilavuuspaino vaihtelee välillä 450–500 kg/m<sup>3</sup>. Puun tiheyden määrää kasvunopeus. Tiheys vaikuttaa oleellisesti puun lujuusominaisuuksiin. (Siikanen 2008, 43.)

Puun kasvunopeuteen vaikuttavia seikkoja ovat:

- maaperän laatu
- puiden kasvutiheys
- sademäärä ja sen jakautuma kasvukaudella
- lämpöolosuhteet
- auringonvalon määrä
- kasvupaikan korkeus merenpinnasta. (Siikanen 2008, 43.)

Puun **kosteusaste** eli **kosteuspitoisuus** ilmoitetaan prosentteina. Sillä tarkoitetaan puussa olevan veden painon suhdetta puun absoluuttiseen kuivapainoon. Kasvavan havupuun sydänpuun kosteuspitoisuus on noin 40 % ja pintapuun kosteuspitoisuus 90–200 %. Käytettävän puutavaran kosteuspitoisuus vaihtelee välillä 10–25 %. Puun kosteuspitoisuutta voidaan muuttaa haluttuun suuntaan erilaisilla kuivausmenetelmillä. Kuivuessaan sahatavarakappale muuttaa muotoaan ja siihen saattaa tulla pintahalkeamia. Puun kosteuspitoisuuden alentuessa lujuus- ja jäykkysominaisuudet kuitenkin kasvavat. On tärkeää huomata, että puu on hygroskooppinen aine eli sen kosteuspitoisuus vaihtelee ilmankosteuden mukaan. Täten on huolehdittava, että puutavaran kosteuspitoisuus ei pääse vaihtelevaan käyttökohteeseen suositellusta arvosta varastoinnin, kuljetuksen ja asennuksen aikana. (RTS 2001, 2; Siikanen 2008, 43; RTS 2009, 4.)

Huokoisuutensa takia puu johtaa huonosti lämpöä eli toisin sanoen puu on hyvä lämmöneriste verrattuna vaikkapa betoniin. Mineraalivillaan verrattuna puun lämmönjohtavuus on kuitenkin yli kolminkertainen. Lämmönjohtavuuteen vaikuttaa puun kosteuspitoisuus ja tiheys. Raskaat eli tiheät puulajit johtavat lämpöä paremmin kuin kevyet. Tästä syystä esimerkiksi saunan lauteiksi suositellaan kevyttä puulajia. Haapa on varsin yleinen laudemateriaali. Puun lämpölaajeneminen on vähäistä verrattuna kosteuden aiheuttamiin muodonmuutoksiin puussa. (Siikanen 2008, 44.)

Puu on tilavuuspainoltaan kevyt materiaali, joten sen ääneneristysominaisuudet ovat huonohkot. Massiivisilla rakenteilla ääneneristävyys kuitenkin paranee, mutta ääntä eristävät puurakenteet ovat usein yhdistettyjä rakenteita. Esimerkiksi tupla-runkoinen seinä on jo hyvä ääneneriste. Puulla on hyviä akustisia ominaisuuksia, kuten hyvä resonoimiskyky. Sitä käytetäänkin usein musiikkisalien verhoiluissa. (Siikanen 2008, 45.)

### **2.1.2 Lujuusominaisuudet**

Koska puu on anisotrooppista ainetta, sen lujuusominaisuudet ovat riippuvaisia siihen kohdistuneen kuorman suunnasta. Puun lujuusominaisuuksilla on paljon muuttujia johtuen muun muassa puulajien erilaisista rakenteista, mutta jopa saman puulajin sisällä lujuusominaisuudet voivat vaihdella paljon. Tiheydellä on suurin vaikutus lujuusominaisuuksiin, mutta myös puun ikä ja se, mistä kohtaa kappale on rungosta otettu, vaikuttavat puun lujuusominaisuuksiin. Tässä työssä käsitellään hirren lisäksi havupuista sahatavaraa ja liimapuuta, joiden laskennalliset lujuudet on esitetty taulukoissa 1 ja 2. (Siikanen 2008, 45–46.)

Taulukko 1. Sahatavaran ominaislujuudet ja -kimmomuodulit aikaluokassa B ja kosteustilassa 1. (Rakentamismääräyskokoelma 2001.)

Luujuusluokka	T40	T30	T24	T18
		T3	T2	T1
Yksikkö	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>
Taivutus, $f_{bk}$	29	23	20	16
Puristus, $f_{ck}$	28	22	19	15
Puristus, $f_{c.l.k}$	4.5	3.7	3.1	2.6
Veto, $f_{tk}$	19	15	13	8
Veto, $f_{t.l.k}$	0.4	0.4	0.4	0.4
Leikkaus, $f_{vk}$	2	2	2	2
Leikkaus, $f_{v.l.k}$	1	1	1	1
Kimmomuoduli, $E_k$	7000	6000	5000	4000
Likumoduuli, $G_k$	350	300	250	200

Taulukko 2. Liimapuun ominaislujuudet ja -kimmomuodulit aikaluokassa B ja kosteustilassa 1. (Rakentamismääräyskokoelma 2001.)

Luujuusluokka	L40	L30
Yksikkö	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>
Taivutus, $f_{bk}$	31	25
Puristus, $f_{ck}$	30	24
Puristus, $f_{c.l.k}$	4.3	3.5
Veto, $f_{tk}$	21	17
Veto, $f_{t.l.k}$	0.4	0.4
Leikkaus, $f_{vk}$	2.4	2.4
Leikkaus, $f_{v.l.k}$	1.2	1.2
Kimmomuoduli, $E_k$	6600	5500
Likumoduuli, $G_k$	330	270

### 2.1.3 Puuliitokset

Puulajien eroavaisuudet ja eri yksilöiden erot tekevät puuliitosten suunnittelusta haastavaa, mutta mielenkiintoista. Pääsääntöisesti voidaan sanoa, että liitokset onnistuvat parhaiten kovilla puulajeilla. Kovaa lehtipuuta on hyvä käyttää pienissä ja tarkkuutta vaativissa liitoksissa, kun taas pehmeä havupuu soveltuu suoruu-  
 ten takia isoihin vähemmän tarkkuutta vaativiin liitoksiin. Liitosten onnistumisen kannalta kosteuden aiheuttama mittavaihtelu ja kieroutuminen on syytä minimoida. (RTS 2006, 3.)

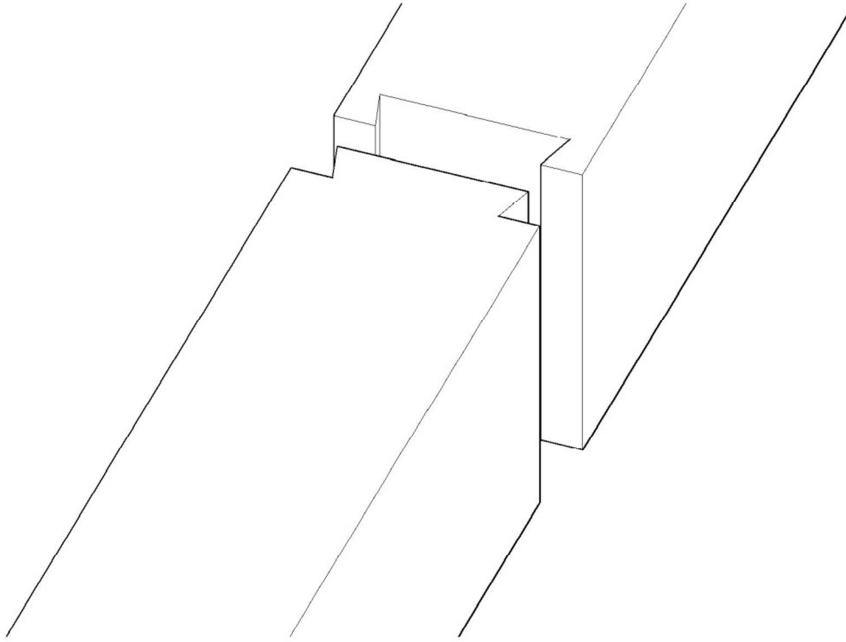
Liitokset jaetaan hyväksymismenettelyn perusteella kolmeen pääryhmään:

1. normitettuihin liitoksiin, joille on puunormeissa annettu rakenneohjeet ja suunnittelu-arvot ja joita kuka tahansa voi valmistaa.
2. erikoisselvityksen vaativiin liitoksiin, jotka eivät ole puunormien mukaiset ja joilta rakennustarkastaja voi vaatia asiantuntijan lausunnon.
3. luvanvaraisiin liitoksiin, joiden valmistustekniikalle, oloille ja –laitteille asetetaan suuret vaatimukset (esim. liimatut liitokset ja naula-levyliitokset). (Siikanen 2008, 63.)

Liitoksia voidaan jaotella ryhmiin joko fysikaalisen toimintansa tai geometrisen muodon perusteella. Fysikaalisen toimintansa puolesta liitokset voidaan jakaa joko liimaliitoksiin tai mekaanisiin liitoksiin. Geometrisen muodon perusteella liitokset voidaan jakaa puskuliitoksiin tai lapaliitoksiin. (Siikanen 2008, 63.)

Liittimistä jäykin on liima. Mekaanisissa liitoksissa erilliset liittimet liittävät kappaleet toisiinsa materiaalien välisten kosketuspintojen kautta. Puskuliitokset ovat lujia, tehokkaita ja niiden epäkeskisyydet ovat pienet. Lapaliitokset ovat puolestaan helppo tehdä, mutta niiden pienet lujuudet ja suuret epäkeskisyydet aiheuttavat joissakin tapauksissa ongelmia. (Siikanen 2008, 63.)

Perinteisiä liitoksia ovat erilaiset **kosketusliitokset**. Niihin kuuluvat erilaiset loveukset ja tapitukset. Niiden tehtävä on yleensä vain pitää liitettävät kappaleet toisissaan kiinni puristusvoimien siirtyessä kosketuksen avulla suoraan pinnalta toiselle. Varsin perinteinen liitos hirsirakentamisessa on paljon käytetty lohenvyrstöliitos (Kuvio 2). Perinteisiä liitoksia kutsutaan myös puutyöliitoksiksi tai kirvesmiesliitoksiksi. (Siikanen 2008, 64.)



Kuvio 2. Lohenpyrstöliitos.

**Naulaliitokset** ovat vieläkin yleisimpiä liittimiä kevyissä ja toissijaisissa rakenteissa. Naulaliitos on vahva liitostyyppi ja niitä on helppo tehdä rakennustyömaalla. Erilaisiin käyttötarkoituksiin on olemassa erilaisia naulatyyppisiä, joiden koko ja profiili vaihtelevat. Yleisin liitoksissa käytettävä naula on tavallinen lankanauula, joita käytetään pääasiassa leikkausvoimien vastaanottamiseen. Kierrenauloja ja kampanauloja käytetään tapauksissa, joissa esiintyy toistuvia rasituksia. Galvanoimalla tai kuumasinkitsemällä voidaan parantaa naulan korroosionkestävyyttä. (Siikanen 2008, 64.)

**Pulttiliitoksia** käytetään lähinnä järeissä rakenteissa sitomaan rakenneosat paikoilleen voimien siirtyessä puusta pintapuristuksella eteenpäin. Pelkkiä pultteja käytettäessä liitokselle ei voida asettaa jäykkyyksivaatimuksia ja puhdas pulttiliitos onkin nykyisin harvinainen kantavissa rakenteissa. Huonona puolena pulttiliitoksissa ovat suuret alkusiirtymät voiman alkaessa vaikuttaa, jotka vielä korostuvat puun kuivuessa. Pultteja hyödynnetään muun muassa lovi- ja vaarnaliitoksissa leikkausvoimia vastaanottamaan. (Siikanen 2008, 64.)

**Ruuviliitoksissa** käytetään puuruuveja ja kuusiokantaruuveja. Kuusiokantaisia eli kansiruuveja käytetään, kun tarvitaan suuria ruuveja. Käyttökohteena kansiruuveil-



la ovat lähinnä järeät puurakenteet, joissa siirrettävät voimat ovat suhteellisen pieniä. Puuruuveja käytetään kantavissa rakenteissa lähinnä teräsosien kiinnitykseen. (Siikanen 2008, 66.)

**Vaarnaliitoksissa** käytetään pultin apuna vaarna, jonka tehtävänä on ottaa vastaan leikkausrasitukset. Vaarnat voidaan jakaa kahteen pääryhmään sen mukaan, tuleeko vaarna sille valmiiksi tehtyyn koloon vai upotetaanko vaarna ilman esityöstä puuhun. Nykyisin vaarnatyyppejä on käytössä neljä erilaista. Järeissä puurakenteissa käytetään **tappivaarna**, joka on suora tai uritettu terästanko. Sen paksuus on yleensä 8-30 mm. **Suorakaidevaarnan** avulla voidaan tehdä melko helposti terästangon ja puun välinen jäykkä leikkausliitos. **Uravaarnan** tekemiseen tarvitaan erikoistyökalu ja se murtuu hauraasti, minkä takia sitä käytetään vain erikoistapauksissa. Teräksiset **hammasvaarnat** puristetaan puuhun kiinni vaarnassa olevien hampaiden avulla. Liimapuu, naulalevyt, naulaukset ja liimaus ovat vähentäneen vaarnaliitosten käyttöä ja nykyään niitä käytetäänkin vain vähän. (Siikanen 2008, 66–67.)

Lähinnä puuristikoiden nurkissa ja jatkoksissa käytettäviä **naulalevyjä** käytetään korvaamaan tavallisia naulaliitoksia. Naulalevyt valmistetaan metallilevyistä joiden paksuus on 0,9-2,5 mm. Levyt sijoitetaan aina pareittain liitettävien puiden molemmille puolille. Naulalevyjen käyttö kantavissa rakenteissa on useimmiten luvanvaraista. **Piikkilevy** on naulalevyn järeämpi versio joka valmistetaan hitsaamalla piikkejä teräslevyyn. (Siikanen 2008, 67.)

Kaseiini- ja kertamuoviliimoilla tehtävien **liimaliitosten** valmistus on luvanvaraista. Niitä valmistetaan tehtaissa valvotuissa oloissa. Liitoksissa käytettävät liimat valitaan lähinnä käyttökohteen kosteusolosuhteiden mukaan. Liimaliitoksia käytetään liimapuussa, sormijatkoissa, ohutuumakannattimissa ja puulevyjen valmistuksessa. Myös metallisten liittimien tartuntaa voidaan parantaa liimoja käyttämällä. (Siikanen 2008, 69.)

## **2.1.4 Puuntyöstö**

Jotta puuta voitaisiin hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla, pitää metsästä kaadettua runkoa työstää käyttötarkoitukseen sopivilla tavoilla. Puuntyöstäminen on puumateriaalin muokkaamista valmiiksi tuotteeksi tai aihiksi käyttäen koneita tai käsityövälineitä apuna. Puuntyöstämisessä on suuri merkitys puumateriaalin valinnalla käyttökohteeseen sopivaksi, sillä eri puuraaka-aineilla on erilaiset ominaisuudet. Tuotteen lopputuloksen kannalta on tärkeää huomioida työstettäessä puun syyrakenne, oksakohdat ja muut viat, koska ne vaikuttavat tuotteen lujuuteen ja ulkonäköön. (Wikipedia 2010.)

Sahaaminen, höylääminen, sorvaaminen, taivuttaminen, poraaminen ja talttaaminen ovat tyypillisimpiä puuntyöstötekniikoita. Tässä opinnäytetyössä puhutaan erikoistyöstämisestä, jolla hirsituotannossa tarkoitetaan työstöjä joita ei voida tehdä perinteisillä hirrentyöstökoneilla. Myös kattovasat, liimapalkit ja päätyelementit erikoistyöstetään. Erikoistyöstöt tehdään Hundeggerin yhdistelmäkoneilla. (Wikipedia 2010.)

## **2.2 Hirsirakennuksen erityisominaisuudet**

### **2.2.1 Kutistumat ja painumat**

Hirsirakennuksen rakenteita suunniteltaessa on otettava huomioon puun luonnollisesta kuivumisesta, hirsiseinän saumojen tiivistymisestä ja kuormituksesta johtuvat painumat. Pulttaamalla seinä huolellisesti päästään eroon saumojen tiivistymisestä johtuvasta painumisesta. Hirsirakenteiden painuman suuruus on hirsityypistä riippuen 10–50 mm korkeusmetriä kohden. Lamellihirsi painuu vähiten ja pyöröhirsi eniten. Tutkimukset ovat osoittaneet lamellihirren painumaksi keskimäärin noin 10 mm korkeusmetriä kohden. Suurin osa painumisesta johtuu puun kuivumisesta, joten rakennuksen kuivan sisäilman vuoksi väliseinät painuvat enemmän kuin kosteammassa olosuhteissa olevat ulkoseinät. (RTS 1990, 4; Jussila, Pikkujämsä & Päätalo 2001, 13–14.)

Pilareiden, portaiden, kevyiden väliseinien ja tiiliseinien liittämisesssä hirsirakenteisiin on otettava huomioon hirsirakenteen painuminen. Painumattomat rakenteet ovat varustettava painumavaralla ja kantavat rakenteet kierrejalalla. Puupilarit varustetaan painumavarapaloilla tai yleisimmin käytettävillä kierrejalloilla. Ikkuna ja oviaukot vahvistetaan sivuilta laskeutumisen sallivilla karapuilla (Kuvio 3). Aukoissa käytettävän eristeen on syytä olla löysää, että se ei rupea kantamaan. Kattotuolien tukipisteiden korkeuseroista johtuva painumaero aiheuttaa kattotuolien alaspään vaakasiirtymän, mikä aiheuttaa puolestaan ulkoseinien pullistumista ulospäin ellei kattotuolien kiinnitys salli liukumaa. Myös eritasoperustuksissa on otettava huomioon alemmalla perustustasolla olevien hirsien suurempi painuminen. Hirsirakennusta laajennettaessa on huomioitava vanhan ja uuden rakennuksen eriaikainen painuminen. Hirsien painumat on otettava huomioon myös hormeja suunniteltaessa. Hormien läpivientien paloetäisyyksien on täytyttävä painumisen jälkeenkin. (RTS 1990, 4; Hakalin 2005, 13.)

Puun kuivuminen aiheuttaa puun kutistumista. Puu kuivuu tangentin suunnassa kaksi kertaa enemmän kuin säteen suunnassa, mikä aiheuttaa puuhun halkeamia. Halkeamat eivät vaikuta seinän lämmöneristävyyteen. Perinteisillä hirsityypeillä halkeilua pystytään vähentämään laadukkaalla puuaineella ja kuivauksella, mutta täysin eroon niistä ei päästä. Lamellihirrestä saadaan halkeamaton kun lamellit kuivataan erikseen ennen liimausta ja liimaamalla puun sydänpuoli ulospäin. (Jussila ym. 2001, 13.)



Kuvio 3. Karaura. (Finnlamelli Oy 2010, 36.)

### 2.2.2 Tapitus ja pulttaus

Tapitus ja pulttaus sitovat seinän yhdeksi kokonaisuudeksi, sekä estävät puun kuivumisesta johtuvat vääntymiset seinässä. Pulttauksella voidaan myös kiristää seinää ja eliminoida tiivistymisestä johtuvaa painumaa. Tappien maksimivälimatka saa olla enintään 2000 mm ja jokaisessa ulkonurkassa on oltava läpipulttaus. Pitkällä seinällä käytetään pulttausta jäykisteenä myös seinän keskellä. Seinää voidaan jäykistää myös följäreillä ja jäykisteraudoilla (Kuvio 4). (Jussila ym. 2001, 29.)



Kuvio 4. Följari. (Finnlamelli Oy 2010, 40.)

### 2.2.3 Sisäilmanlaatu ja seinärakenteen tiiveys

Hirsiseinä on hengittävä rakenne, koska siinä ei käytetä höyrynsulkumuovia tai muuta höyryä pidättävää rakennetta. Hirsi tasaa sisäilman lämpöä ja kosteutta, koska se kykenee varaamaan ja luovuttamaan niitä. Esimerkiksi talvella hirsi luovuttaa sisältämänsä kosteutta sisäilmaan ja näin ehkäisee sisätilan kosteuden alenemista. Kosteuspitoisuuden ollessa oikea, ehkäistään haitallisten mikrobien syntyä, staattista sähköä ja huonepölyn muodostusta. Hirsirakennusta voidaan siis suositella allergikoillekin. (RTS 1990, 4.)

Yleinen harhaluulo on, jopa ammattirakentajien keskuudessa on, että hirsitalo ei voi olla tiivis. Nykyaikainen hirsitalo oikein rakennettuna on kuitenkin erittäin ilmatiivis. Varauksissa käytetään tiivisteitä ja rakenteessa käytetään saumoista huolellisesti teipattua ilmansulkupaperia. Kokonaan hirsirakenteisille taloille on saatu  $n_{50}$  tiiveyslukuksi jopa alle 1,5 l/h alittavia tuloksia. Vastaava luku perinteiselle pystyrakenteiselle pientalolle on keskimäärin 3,9 l/h. Tärkeintä tiivistä taloa haluavalle on huolellinen rakentaminen ja etenkin hyvin tehty tiivistäminen. (RTS 1990, 4.)

#### **2.2.4 Palonkesto**

Puu on palava aine. Syttyäkseen palamaan puu tarvitsee happea ja lämpöä. Syttymisaika on suoraan verrannollinen ympäristön lämpötilaan. Puun syttymislämpötila on 250–350 °C, johon vaikuttaa mm. kappaleen kosteus ja koko. (Kari, Mehtälä & Tölli 2005, 2; Siikanen 2008, 165.)

Hirren palaessa sen pintaan syntyy hiilikerros eli se hiiltyy. Hiiltyminen hidastaa lämmönsiirtymistä puun pinnasta syvemmälle. Kantavissa rakenteissa puu ei tarvitse erillistä palosuojausta, jos sen kantavuus ja suojaavuus säilyvät riittävän suurina määräyksissä asetetun ajan. Puuosan kantokyky pienenee palotilanteessa kappaleen poikkileikkauksen pientymisen takia, ei puun fysikaalisten ominaisuuksien muutoksesta. Hirsirakenteet kuuluvat D-paloluokkaan. (Kari ym. 2005, 3-4; Siikanen 2008, 165.)

Puuliitoksissa käytettävät teräksiset liittimet tarvitsevat erillisen palosuojauksen sillä niille ei voida laskea yhtään palonkestoaikaa. Pultit, naulat ja levyt voidaan suojata palolta esimerkiksi puulla, lastulevyllä tai vaikkapa mineraalivillalla. esim. pulttiliitokset suojataan upottamalla niiden kannat puuhun ja peittämällä reiät puutapeilla. (Siikanen 2008, 165–166.)

#### **2.2.5 Ääneneristävyys**

Vaikka yleisesti ottaen puulla on huonohkot ääneneristysominaisuudet, voidaan massiivisilla hirsillä parantaa ääneneristysominaisuuksia huomattavasti. Seinän ääneneristyskyky riippuu massan lisäksi myös varauksen tiiveydestä ja seinän jäykkyydestä. Hyvää ääneneristävyttä haluttaessa kannattaa kuitenkin käyttää yhdistelmä rakenteita. (Jussila ym. 2001, 33.)

## 2.3 Hundeggerin työstökoneet

### 2.3.1 Historiaa

Yrityksen perustaja Hans Hundegger työskenteli opiskeluidensa päätyttyä puusepänteollisuudelle koneita valmistavassa yrityksessä. Vapaa-ajallaan hän kehitteli koneita vanhempiensa sahalaitokseen, jota hänen veljensä oli alkanut modernisoimaan. Koneista kiinnostuivat muutkin sahalaitosten omistajat ja pian Hans sai idean perustaa oman yrityksensä. Oma yritys aloitti toimintansa vuonna 1978.

Vuonna 1981 Hans sai innostuksen yhdistelmäkoneen kehittämiseen suuren rakennusliikkeen omistajalta. Siihen aikaan markkinoilla oli yhdistelmäkoneita, mutta ne soveltuivat parhaiten samankaltaisten rakennusosien käsittelyyn. Hundegger alkoi kehittää monipuolisempaa yhdistelmäkoneita ja lopulta P8 nimisen yhdistelmäkoneen sarjatuotanto alkoi vuonna 1986. Seuraavina vuosina tuotekehittely jatkui vilkkaana. Vuonna 1988 esiteltiin maailman ensimmäinen höylä- ja viisteautomaatti. Menestyneen P8 koneen seuraaja P10 esiteltiin vuonna 1992. (Hundegger 2010.)

Nykyisen K-sarjan ensimmäinen malli esiteltiin vuonna 1996. K1 oli ensimmäinen kompakti yhdistelmäkone, jossa oli kolmella työkalulla varustettu yleisjyrsin. Kolmen vuoden kuluttua messuilla esiteltiin K1:n seuraaja K2. K2:ssa oli täysin uusi puun kuljetusjärjestelmä jonka ansiosta kone oli entistä joustavampi ja nopeampi. Kieron ja vääntyneen puun työstämisen tarkkuus oli myös parantunut edeltäjänsä verrattuna. (Hundegger 2010.)

Suomeen ensimmäinen K1-kone tuli vuonna 1999 ja niitä on Suomessa käytössä kolme kappaletta. K2-sarjan koneita Suomessa on käytössä jo 14 kappaletta. (Hirsituotanto 2011.)

Vuosien saatossa Hundegger on kehittänyt erialaisia puutyöstökoneita ja voittanut lukuisia palkintoja. Tänä päivänä 90 % maailman tietokoneohjatuista yhdistelmäkoneista on Hundeggerin valmistamia. (Hundegger 2010.)

### 2.3.2 Yhdistelmäkone K2i

Tämä opinnäytetyö käsittelee puun erikoistyöstöjä, jotka toteutetaan Finnlamellilla käytössä olevilla Hundegger K2 ja K2i yhdistelmäkoneilla (Kuvio 5).

Hundegger K2i soveltuu hirsitalotehtaille, Timber Frame –taloille ja suurille vaativille palkkityöstöille. Koneen työstövalikoimaan kuuluu dimensioiltaan 20x50 mm–300x450 mm olevien rimojen, lautojen, palkkien ja hirsien katkaisut sekä liitosten työstöt. K2i on suosittu etenkin hirsitalotehtaiden keskuudessa, vaikka se ei varsinaisesti perinteinen hirsikone olekaan. K2i on rakennettu modulaariseksi, joka mahdollistaa koneen yksilöllisen varustamisen asiakkaiden tarpeiden mukaan. (Hirsituotanto 2011.)

K2 on tehokas, mittatarkka, monipuolinen ja nopea. Koneen käyttö hoituu tarvittaessa ainoastaan yhdeltäkin työntekijältä, jos vain pakkaus onnistuu ilman apuvoimia. Kone työstää ja katkoo kappaleet automaattisesti, kun lista tarvittavista katkaisuista ja työstöistä on syötetty koneelle. Kone ymmärtää lähes kaikilla tunnetuimmilla suunnitteluohjelmilla luodut listat. (Hirsituotanto 2011.)

Hundeggerillä onnistuu massiivistenkin hirsien työstöt, sillä suurin hirsikoko koneelle on 270 mm x 370 mm. Poraukset, palkkien- ja väliseinien upotukset sekä erilaiset lohenpyrstöliitokset voidaan koneen avulla työstää varsinaisen kehikon työstön yhteydessä. Myös liimapuupalkkien, pre-cut osien ja vaativien kattorakenteiden valmistus onnistuu koneella vaivattomasti. (Hirsituotanto 2011.)





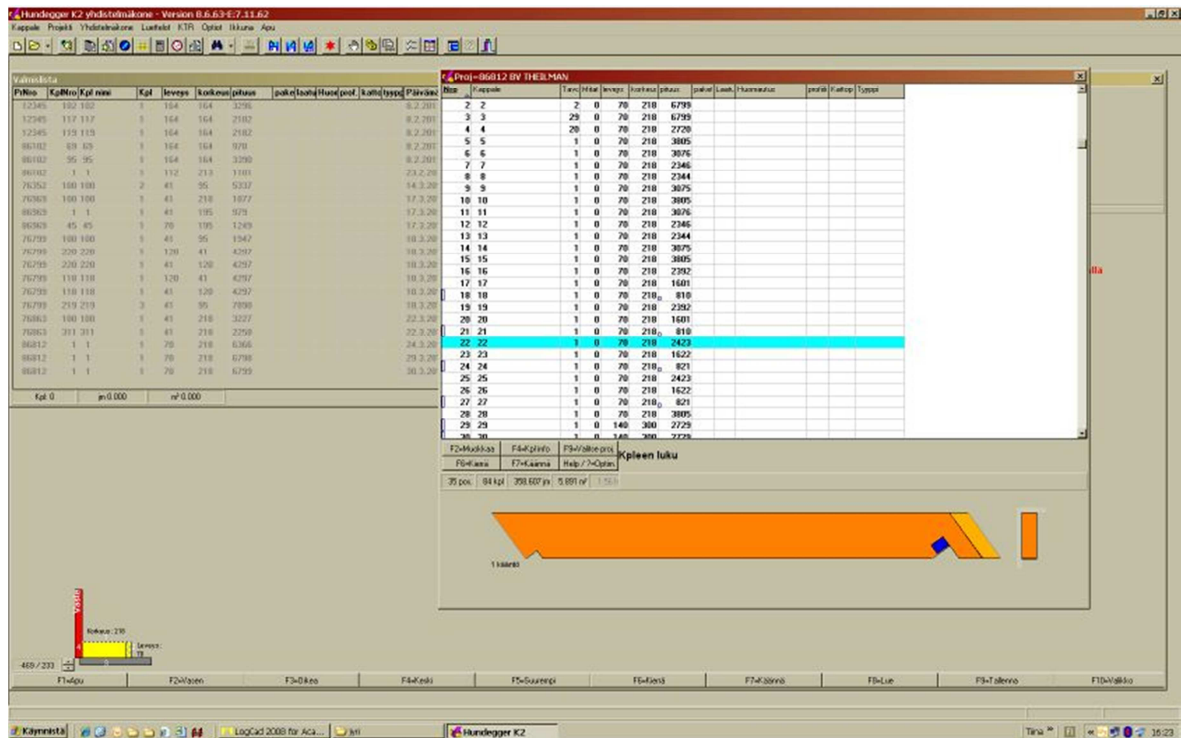
Kuvio 5. Yhdistelmäkone Hundegger K2i. (Hundegger 2010.)

## 2.4 Erikoistyöstöohjelmat

Olennainen osa tätä opinnäytetyötä oli tutustua ja oppia käyttämään erilaisia erikoistyöstöohjelmia.

### 2.4.1 K2 EKP

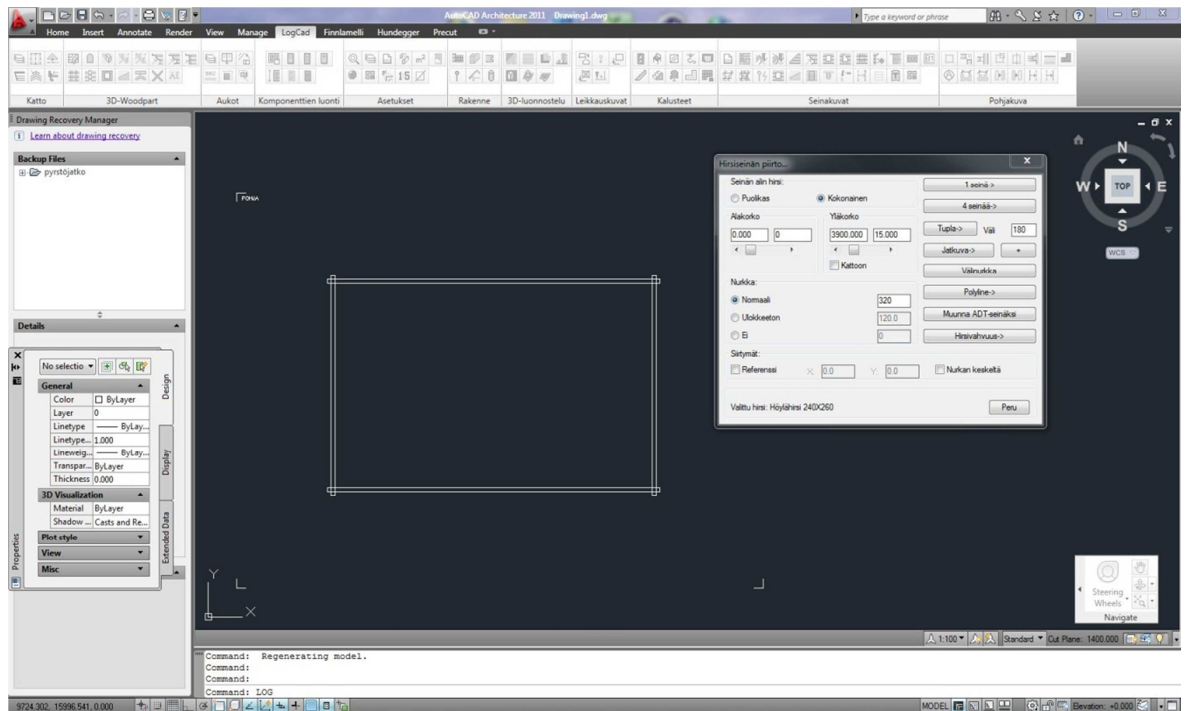
K2 EKP (Kuvio 6) on Hundeggerin oma ohjelma, jolla voidaan työstää yksittäisiä kappaleita. Ohjelmaan voidaan myös tuoda tietoja CAD-ohjelmista, kuten esim. tässäkin työssä käytettävästä HsbCAD:sta. Tuotuja kappaleita voidaan vielä muokata K2 EKP:llä ennen kuin ne syötetään Hundeggerille. Kappaleita voidaan tarkastella yksi kerrallaan halutusta kulmasta. K2 EKP:llä voidaan käytännössä työstää kaikenlaiset kappaleet alusta loppuun, jos vain käyttäjältä se onnistuu. Ongelmaksi saattaa muodostua kokonaisuuden hahmottaminen.



Kuvio 6. K2 EKP -ohjelman käyttöliittymä.

## 2.4.2 LogCad

LogCad (Kuvio 7) on järvenpääläisen J-Kos Oy:n kehittämä AutoCAD-pohjainen sovellus. Finnlamellilla käytössä olevaa versiota on räätälöity yrityksen haluamalla tavalla, minkä mahdollistaa kotimainen ohjelmistokehitys. Ohjelmalla tehdään seinäkuvat, joista saadaan myös hirsikehikon erikoistyöt. LogCad:sta löytyvät kaikki tarpeelliset työkalut hirsien tuotannosuunnitteluun, mutta sillä pystytään tekemään myös kolmiulotteisia luonnoksia. LogCad:sta on hyötyä myös rakennuslupakuvia tehdessä, sillä sen avulla voidaan kätevästi tehdä pohjakuvat suoraan hirsillä.



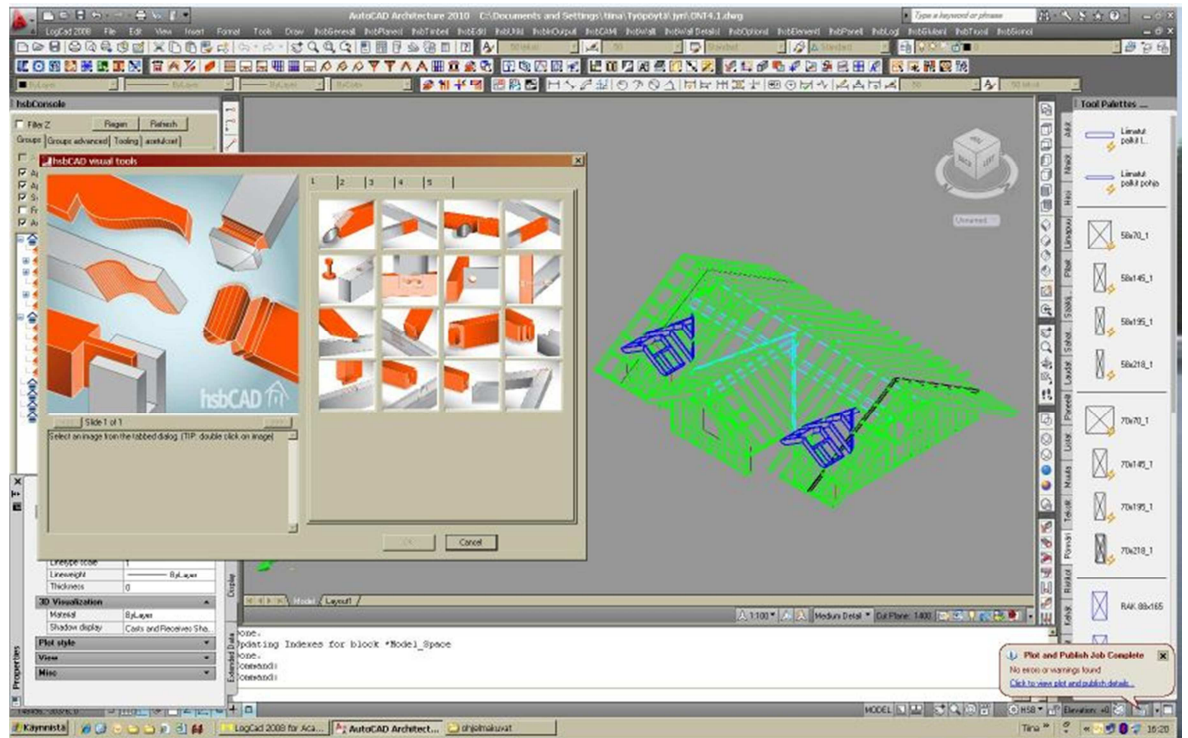
Kuvio 7. Kuva LogCad-ohjelmasta.

### 2.4.3 HsbCAD

HsbCAD (Kuvio 8) on monipuolinen CAD/CAM -ohjelmisto, jonka pohjana toimii AutoCAD. HsbCAD:iin on olemassa erilaisia moduuleita eri käyttötarkoituksia varten. Finnlamellilla on käytössään HsbCAD:n timbermoduuli, jolla tehdään kattojen ja elementtien tuotannonsuunnittelua eli tässä tapauksessa erikoistyytettävissä kappaleita.

Suunnittelu tapahtuu kolmiulotteisesti, mikä auttaa hahmottamisessa huomattavasti. Ohjelmalla voidaan luoda halutun kokoisia poikkileikkauksia lukuisilla eri tarkoituksiin sopivilla työkaluilla. Kappaleiden työstöt, katkonat, törmäyttämiset ja muut useat työkalut kuuluvat perusominaisuuksiin.

Ohjelmasta saadaan myös asiakkaille kolmiulotteiset kuvat, jotka helpottavat monimutkaisten kattojen rakentamista huomattavasti.



Kuvio 8. Kuva HsbCAD-ohjelmasta.

## **3 KOKEELLINEN OSA**

### **3.1 Erikoistyöstökohteen valinta**

Alun perin kohteeksi oli tarkoitus valita rakennus, joka toimitetaan asiakkaalle lähitulevaisuudessa. Sellaista kohdetta, jossa olisi tarpeeksi haastetta ja aikaa tekemiseen, ei kuitenkaan ollut tulossa suunnitteluun. Lopulta kohteeksi valittiin aikaisemmin toimitettu omakotitalo, joka oli riittävän haasteellinen ajatellen erikoistyöstämistä.

Kohteen suunnittelussa oli tarkoitus kokeilla uusia työkaluja sekä poikas- ja päätyelementtien suunnittelua. Pää tavoite oli kuitenkin työstöjen ja mallinnuksen tekeminen.

### **3.2 Erikoistyöstöoppaan laatiminen**

Oppaan lähtökohtana käytettiin 10 vuotta vanhaa aiheesta laadittua opasta. Vuosien saatossa asiat ovat kuitenkin muuttuneet ja oppaan tietoja haluttiin päivittää nykyaikaa vastaaviksi. Myös ohjelmia ja työstökoneita on tullut lisää.

Opasta varten selvitettiin mahdollisia työstöjä ja niiden mittoja, joista oli tarkoitus tulla oppaaseen osio. Myös elementeistä ja liimapuupalkeista kerättiin opasta varten oleellisia tietoja.

Oppaan tekeminen aloitettiin keräämällä tietoa uudistuneista asioista ja sellaisista uusista asioista mitä oppaaseen haluttiin lisätä. Kun tietoa oli saatu tarpeeksi, aloitettiin oppaan rungon kokoaminen. Rungon jälkeen aloitettiin oppaan kirjoittaminen. Oppaan teko kuitenkin keskeytyi, koska oli järkevämpää suunnitella työstöt oikeaan kohteeseen, ennen kuin laatii niitä käsittelevän oppaan.

Kun erikoistyöstöjä sisältävän kohteen katto oli kokonaisuudessaan saatu valmiiksi, siirryttiin takaisin erikoistyöstöoppaan pariin. Oppaaseen tuli osio, jossa oli ohjeita rakennesuunnittelijoille siitä, kuinka työstösuunnittelu pitää ottaa huomioon. Myös HsbCAD:n käytöstä tehtiin hieman opastusta sisältävä osio.

Oppaan sisältämät kuvat toteutettiin pääsääntöisesti HsbCAD:n ja LogCAD:n avulla, koska niillä saatiin tehtyä haluttua kolmiulotteista kuvaa. Oppaassa käytettiin kuitenkin havainnollistamisen apuna perinteisiä kaksiulotteisia kuvia sekä valokuvia. Opas on tehty niin, että sitä on helppo tarpeen vaatiessa päivittää.

## 4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

### 4.1 Hirsitalon suunnitteluprosessi

Suunnittelu lähtee asiakkaan yhteydenotosta myyntiedustajalle tai suoraan tehtäälle. Usein asiakkaalla on mielessään tietynlainen malli, josta keskustellaan edustajan kanssa. Asiakkaan selvitettyä tarpeensa ja toiveensa aloitetaan toimituksen räätälöinti asiakasta varten. Jotkut asiakkaat löytävät mieleisensä vakio-mallien joukosta, mutta varsin usein vakiomalleja muunnellaan asiakkaiden toiveiden mukaan. Asiakkaalla on myös mahdollisuus tilata täysin omanlaisensa malli, jolloin suunnittelu aloitetaan täysin alusta. Suunnitteluprosessin aloittaa edustajan laatima **toimitussisältö**.

Asiakkaalta tai edustajalta saatujen tietojen perusteella laaditaan tarjous. **Tarjouslaskennan** pohjana voi olla jonkin vakiomalleista, asiakkaalta saatu luonnos tai tilaohjelma.

Tarjouslaskennan jälkeen luonnostellaan pohjapiirros asiakkaan toiveiden mukaisesti. Asiakkaan hyväksymää luonnosta käytetään suunnittelun pohjana. Tarjoukseen sisältyvät lupakuvat, perustusten mittapiirros ja ohjeelliset perustusdetaljit. Jokaiseen kohteeseen tehdään myös rakennesuunnittelu, tuotannonsuunnittelu ja tarvikelaskenta. Varsinaiset perustussuunnitelmat eivät kuulu toimitukseen, vaan asiakas tilaa ne muualta.

**Pääpiirustuksilla** eli lupakuvilla haetaan rakennuslupaa kunnan rakennusviranomaisilta. Niihin sisältyvät asemapiirustus, pohjapiirustukset, leikkauspiirustukset ja julkisivupiirrokset. Asemapiirustus ei kuulu Finnlamellin vakiotoimitussisältöön.

Pääpiirustuksien ja toimitussisällön pohjalta tehdään **rakennesuunnittelu**. Rakennesuunnittelu kattaa kaikki toimitettavat tarvikkeet. Rakennekuviin kuuluvat rakennedetaljit, leikkaukset sekä välipohjan ja vesikaton sijoituspiirrokset.

**Tuotannonsuunnittelussa** laaditaan seinäkuvat hirsien työstöä varten sekä kuvat erikoistyöstettäviin kappaleisiin. Hirret ja muut työstettävät kappaleet työstetään

automaattisesti cad-kuvien mukaan. Seinäkuvien perusteella tehdään kehikkotarvikeluettelo.

Tarvikelaskijat laativat **tarvikeluettelon**. Tarvikeluetteloon lasketaan kaikkien toimitettavien tarvikkeiden määrät pois lukien kehikkotarvikkeet. Tarvikeluettelo laaditaan aikaisemmin laadittujen suunnitelmien mukaan, joten on tärkeää että rakennekuvista löytyy kaikki tarvittava informaatio koskien toimitettavaa sisältöä.

## **4.2 Erikoistyöstöjen suunnittelu omakotitaloon**

Kohteeksi valittiin 1 ½ -kerroksinen omakotitalo, jonka ulkoseinärakenne toteutettiin tasakertaisena hirsikehikkona. Hirtenä käytettiin 202 mm x 260 mm lamellihirttä. Perustus toteutettiin 90 mm paksulla maanvaraisella teräsbetonilaatalla. Omakotitalon huoneistoala on 167 m<sup>2</sup> ja tilavuus 585 m<sup>3</sup>. Kattorakenne toteutettiin vaarnapalkeilla, vasoilla ja liimapuupalkeilla (Taulukko 3). Päätyräystäät tehtiin poikaselementeillä ja itse päädyt toteutettiin pystyrunkoisina elementteinä

### **4.2.1 Erikoistyöstöjen toteutus**

Katon mallinnusta ja työstöjä lähdettiin tekemään HsbCAD:lla sen sisältämien jiirien ja kattolyhtyjen takia. Kohteeseen tehtiin myös pääty- ja poikaselementit, joiden toteutus jouduttiin miettimään. Liitteessä 3. on esitetty erikoistyöstettävät kappaleet kokonaisuudessaan.

### **4.2.2 Pääkatto ja vastaharja**

Pääkaton työstit ja 3d-mallinnus toteutettiin HsbCAD:lla (liite 4). Mallinnus tehtiin yläpohjan sijoituspiirustuksen ja leikkauskuvien perusteella (liitteet 1 ja 2). Aluksi luotiin kattolappeet pohjakuvaa hyödyntämällä. Kattolappeita varten tarvittiin ulkoseinien korkeus, räystäiden ylitykset, vasan korko lappeen suhteen sekä katon kulma. Tarvittavat mitat saatiin leikkauskuvista. Kaikki kattolappeet tehtiin samanaikaisesti, jonka jälkeen ne yhdistettiin yhdeksi lappeeksi. Lappeiden luomisen



jälkeen asetettiin rakennekuvia vastaavat jiiripuut (liite 6) oikeille paikoilleen, minkä jälkeen sijoitettiin kattovasat ja vaarnapalkit. Vaarnapalkkeja simuloitiin hahmottamisen takia vasoilla, vaikka välttämättä niihin ei työstöjä tulisikaan. Tämän jälkeen sijoitettiin liimapuupalkit (liite 6) oikeisiin paikkoihin ja korkoihin.

Vastaharjan ja pääkaton leikkauspisteeseen sijoitettiin jiiripuut, joihin kattovasat kiinnittyvät. Jiiripuut työstävät itsensä sijoitusvaiheessa kattokulmia vastaaviksi. Jiiripuiden ja liimapuupalkkien väliseen liitokseen tehtiin työstö sopivalla työstötyökalulla, jolloin ne asettuivat toisiinsa nähden halutulla tavalla.

### **4.2.3 Kuisti**

Kuistin katto mallinnettiin omana lappeenaan samalla periaatteella kuin pääkatto, vaikka yleensä yksinkertaisten kattojen vasat työstetään ja katkotaan suoraan K2EKP-ohjelmalla. Tässä kohteessa ne kuitenkin tehtiin HsbCAD:lla (liite 5).

### **4.2.4 Kattolyhdyt**

Pääkaton ja kuistin jälkeen siirryttiin mallintamaan kattolyhtyjä (liite 7). Kattolyhdyt tekemiseen kokeiltiin uutta työkalua, jota varten tarvittiin kattolyhdyn seinän korkeus, räystäiden ylitys, lyhdyn leveys ja etäisyys harjalta joko vaaka- tai pystysuoraan. Kun kattolyhdyn lappeet olivat valmiit, jiiripuut sijoitettiin pääkaton ja kattolyhdyn risteämiskohtaan. Jiiripuiden toiset päät liitettiin vaarnapalkin kylkeen ja toisen jiiripuun vapaapää liittyi sitä varten asetettuun poikaseen. Jäljelle jääneen jiiripuun vapaapää liitettiin toisen jiiripuun kylkeen. Uusi työkalu osoittautui hyväksi kattolyhtyjien tekemiseen. Kattolyhtyjä kohteessa on kaksi kappaletta, jotka ovat identtiset.

### **4.2.5 Poikaselementit**

Kattolyhtyjien jälkeen siirryttiin mallintamaan poikaselementtejä pääkaton päätyräystääksi (liite 8). Poikasia varten pääkaton lapetta venytettiin päätyräystäään yli-

tyksen mittaiseksi. Seuraavaksi sijoitettiin venytetylle päätyräystäälle uloin vasa, joka kiinnittyy poikasten uloimpaan päähän. Tämän jälkeen sijoitettiin tulevien poikasten toiseen päähän sidelauta, jonka tehtävänä on sitoa elementti yhteen niin, että elementti kestää paikoillensa nostamisen työmaalla. Varsinaisten poikasten tekemiseen kokeiltiin työkalua, joka on tarkoitettu ruodelautojen sijoittamista varten. Mitat ja korot piti ensin muuttaa poikasia vastaaviksi, mutta poikasten luonti onnistuu hetken opettelun jälkeen sujuvasti. Poikasten sijoittamisen jälkeen vasojen väliin asetettiin sidevasa, joka katkottiin poikaselta toiselle. Pyrkimys on, että sidevasan pituus olisi 900 mm toisesta poikasesta eteenpäin. Kaiken kaikkiaan poikaselementtejä tarvittiin kuusi kappaletta.

#### **4.2.6 Vasojen päiden viistäminen**

Kun katto oli kokonaisuudessa saatu mallinnettua, vasojen ja vaarnapalkkien päihin tehtiin koristeviisteet. Tässä kohteessa viiste tehtiin katon kulman ja koh-tisuoran osuuden perusteella. Vaihtoehtoisesti olisi voitu käyttää myös loivempaa hirsikehikkoon asti ulottuvaa viistettä.

#### **4.2.7 Päätyelementit**

Katon jälkeen siirryttiin päätyelementtien suunnitteluun (liite 9). Elementtien suunnittelussa käytettiin apuna leikkauskuvia, joita vastaavat elementeistä täytyi tulla. Elementin suunnittelu aloitettiin hahmottamalla ulkomitat leikkauskuvaa apuna käyttäen. Ulkomoitoissa täytyy ottaa huomioon maksimi kuljetuskorkeus, joka on 2650 mm. Yli 2650 mm korkeissa elementeissä päätykolmio tehdään omana elementtinään, jolloin elementtejä tulee kaksi erillistä yhdestä päädyestä. Katkaisukohta valittiin tarkoituksella molempiin päätyihin eri kohtaan. Kun elementin ulkomitat olivat selvillä, piirrettiin nurkkapisteiden avulla elementin ulkomittoja vastaava lape vaakatasoon. Kärkikolmio piirrettiin omana lappeenaan. Lappeiden luomisen jälkeen elementtiin hahmoteltiin ikkuna, ovi ja liimapalkkien aukkojen paikat. Sen jälkeen sijoitettiin ala- ja yläjuoksut sekä runkotolpat. Runkotolpat sijoitettiin 600

millimetrin jaolla. Runkotolppien jälkeen asetettiin aukkojen tukipuut paikoilleen. Aukoissa piti ottaa huomioon joka suuntaan tuleva 15 millimetrin asennusvara.

Kun elementti oli muuten valmis, tehtiin ala- ja yläjuoksuun 2 mm syvä ura runkotolppien paikkoja osoittamaan. Ura tehtiin myös runkotolppiin aukkojen tukipuita varten. Loveamisella päästään eroon mittojen antamisesta suunnittelussa, mutta eniten se helpottaa kasausvaihetta. Elementtien kasaajien toiveesta urien tekemiseen kokeiltiin uutta työkalua, jolla uraan saataisiin asennusvara runkotolppia varten. Työkalulla ei kuitenkaan saanut tehtyä kuin yhden työstön kerallaan joten siitä luovuttiin. Urat päädyttiin tekemään vanhalla työkalulla. Uriin viimeistellään asennusvara K2EKP:llä, jolla tehdään urasta 1 mm leveämpi eli 0.5 mm molempiin suuntiin. Vinossa olevaan yläjuoksuun uraa levennetään 2 mm. Tällä tapaa asennusvara saadaan kaikista nopeimmin.

Taulukko 3. Käytetyn puutavaran poikkileikkaukset.

Käyttökohde	Puutavaran koko
Kattovasat	41x195
Poikaset	41x195
Kattolyhdyt	41x195
Jiirivasat	70x195
Päätyelementit	41x218
Vastaharjan liimapalkit	90x300
Pääkaton liimapalkit	165x345

#### 4.2.8 Työstettävien kappaleiden tietojen siirto Hundeggerille

Kun katon mallinnus elementteineen on valmis, siirretään kappaleiden tiedot HSB:stä K2EKP:lle. Aluksi kappaleet numeroidaan tietyillä numeroilla riippuen kappaleiden käyttökohteesta. Eri tarkoituksiin on olemassa omat numeronsa. Esim. elementit alkavat tietyllä numerolla ja kattovasat omalla numerollaan. Numeroinnin jälkeen työstettävät kappaleet siirretään K2EKP:lle kokonaisuus kerrallaan. K2:ssa näkee jokaisen kappaleen erikseen ja niihin voidaan tehdä vielä muutoksia tarvittaessa. Kun kappaleet on tarkistettu siirrettään tieto niistä tuotantoon, jonne

ne tallennetaan tietyllä numerolla, joka kertoo kappaleiden käyttökohteen ja tilauksen numeron. Näin ollen tuotannontyöntekijät tietävät jo numeroinnin perustella tiedoston sisällön. Tiedosto aukaistaan tuotannossa K2EKP:llä ja kappaleiden tieto siirretään Hundeggerille, joka osaa työstää kappaleet niin kuin ne on suunniteltu-kin ilman turhia mittaamisia tai mittojen antamisia.

#### **4.2.9 Lopputulos**

Kokonaisuudessaan kohteen suunnittelussa onnistuttiin yllättävän hyvin. Vesika-  
ton sijoituspiirrosta katsellessa tilanne tuntui lähes toivottomalta, mutta tilanne sel-  
keytyi huomattavasti suunnittelun edetessä. Uuden melko laajan ohjelmakokonai-  
suuden opetteleminen ja uusien käytännön asioiden omaksuminen oli haastavaa  
ja aikaa vievää, mutta erittäin opettavaista. Työskentely oli vielä hidasta, mutta  
nopeutuu varmasti kokemuksen myötä. Monia asioita jouduttiin tekemään uudes-  
taan pienten virheellisyyksien ja kokemattomuuden takia, mikä osaltaan myös hi-  
dasti työskentelyä. Tästä tilanteesta on paljon helpompi lähteä tekemään mallin-  
nusta HsbCAD:lla, kuin että olisi joutunut aloittamaan kaiken alusta.

#### **4.3 Erikoistyöstöopas**

Oppaan teko onnistui hyvin, mutta se oli pakko rajata tässä vaiheessa nykyiseen  
muotoonsa (liite 10). Timber Frame työstöjä ei sisällytetty oppaaseen vielä nykyi-  
sessä vaiheessa niiden suuren määrän takia. Opas rajattiin koskemaan hirsiraken-  
tamista ja kattojen HsbCAD-suunnittelua.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISMAHDOLLISUUDET

Tämän opinnäytetyön päätuloksina syntyivät omakotitalon kattorakenteiden erikoistyöt mallinnettuna kolmiulotteiseksi kokonaisuudeksi sekä erikoistyöstöjä käsittelevä opas. Prosessin aikana kuitenkin myös kokeiltiin ja kehitettiin asioita.

### 5.1 Erikoistyöstöjen suunnittelu

Suunnittelun osalta tämä työ käsitteli lähinnä työstöjen ja mallinnuksen tekemistä HsbCAD:lla, mutta myös muihin ohjelmiin tutustuttiin. HsbCAD integroituna AutoCAD:iin on varsin monipuolinen ohjelmisto, jolla pystytään tekemään lukuisia erilaisia työstöjä. HsbCAD:n käyttämisen oppimista nopeuttaa, jos on aikaisemmin käyttänyt AutoCAD:ia.

HsbCAD:n käyttöä voitaisiin nopeuttaa, jos rakennekuvissa olisi valmiina kaikki tiedot mitä tarvitaan esimerkiksi katon mallintamiseen. Rakennesuunnittelija voisi vaikka tehdä taulukon, jossa olisi kaikki HsbCAD:ssa tarvittavat tiedot. Täten tietoja ei tarvitsisi etsiä erikseen rakennekuvista. Toki omalta osaltaan se vaatisi rakennesuunnittelijoilta jonkin verran perehtymistä HsbCAD:iin ja hidastaisi heidän työtään. Oikeastaan olisi hyvä, jos sama henkilö suunnittelisi rakenteet ja tekisi Hsb-suunnittelun. Tällä tapaa turha miettiminen jäisi Hsb:n käytöstä pois ja virheiden mahdollisuus pienenesi suunnittelijan hahmottaessa kokonaisuuden paremmin. Kaikkien suunnittelijoiden osalta asia on kuitenkin lähes mahdoton toteuttaa, mutta joidenkin osalta se voisi olla mahdollista. Tällä hetkellä yksi suunnittelijoista tekee rakennesuunnittelun lisäksi HsbCAD:lla mallinnusta. Tietenkin pitempi kokemus vastaavasta tuotannosuunnittelusta olisi kaikista paras.

HsbCAD:n käyttöä kannattaa lisätä tulevaisuudessa, koska sen avulla pystytään luomaan näyttäviä ja monimutkaisia kattoja työstöineen. Edellyttäen tietenkin, että lisähintaa peritään työstöjen hitauden ja vaikeuden vuoksi samassa suhteessa. HsbCAD:lla pystyttäisiin myös tekemään seinäelementtejä, jos jossakin vaiheessa haluttaisiin aloittaa niiden tuotanto päätyelementtien lisäksi. HsbCAD:n hirsimoduulia ei kannata ottaa seinäkuvien tekoon, sillä verrattuna LogCAD:iin se on huomattavasti vaihtoehto. Samalla menetettäisiin pienen ohjelmistokehittäjän edut. Tie-

tenkin olisi hyvä, jos varalta olisi olemassa vaihtoehto hirsientuotannon suunniteluun, jos jostakin syystä sitä tarvittaisiin.

Kokeilluista uusista työkaluista kannattaa jatkaa kattolyhtytyökalun käyttöä, mutta päätyelementtien juoksujen urat kannattaa tehdä edelleen vanhalla periaatteella. Poikaselementtien teko onnistuu HsbCAD:lla hyvin ja myös sitä kannattaa jatkaa.

## **5.2 Erikoistyöstöopas**

Erikoistyöstöopasta kannattaa päivittää tulevaisuudessa tarpeen mukaan. Opasta ei myöskään kannata jättää sellaiseksi kuin se nyt on, vaan siihen kannattaa lisätä asioita aina kun uusia ideoita syntyy. Kokonaisuudessaan oppaan tulisi palvella uusia ja vanhoja työntekijöitä, mutta myös myyntiedustajat olisi hyvä ottaa huomioon.

## **5.3 Erikoistyöstämisen hyödyt pientalorakentamisessa**

Erikoistyöstäminen saattaa lisätä suunnittelijoiden työtä, mutta se nopeuttaa tuotantoa ja rakentamista työmaalla.

Tietokoneohjatut Hundeggerin erikoistyöstökoneet helpottavat ja nopeuttavat tuotannon työntekijöiden työtä. Esimerkiksi päätyelementtien juoksuihin ajettavat urat nopeuttavat huomattavasti elementtien kasaamista. Koneella voidaan myös toteuttaa sellaisia ratkaisuja, joita ei pystyttäisi tekemään ilman sitä.

Työmaalla erikoistyöstetyistä kappaleista on huomattava etu. Ne nopeuttavat ja helpottavat rakennusvaihetta. Jos ajatellaan esimerkiksi jiirivasojen ja kattovasojen liitoksia, liimapalkkien yhteensovittamisia tai kattolyhteiden tekemistä työmaolosuhteissa pitkästä sahatavarasta, etu erikoistyöstetyillä tarvikkeilla on suuri. Kaikki lovet, urat, katkonnat ja viisteet on valmiiksi tehty eikä niitä tarvitse ruveta työmaalla moottorisahan kanssa pahimmassa tapauksessa katolla tekemään. Riittää, kun katto kasataan ohjeiden mukaan. Myös HsbCAD:sta saatavat kolmiulotteiset kuvat auttavat työmaavaiheessa kokoamista ja hahmottamista etenkin aloitavien rakentajien näkykulmasta.

Tuotteiden esivalmistusasteen nostamisella saadaan myös rakentamisen laatu varmistettua. Voidaan olla varmoja, että työstöt ja esimerkiksi päätyelementit vastaavat haluttua laatua, kun ne valmistetaan valvotuissa olosuhteissa Finnlamellin omalla tehtaalla.

Toisaalta erikoistyöstäminen lisää suunnittelijoiden vastuuta, sillä pienelläkin virheellä saattaa olla huomattava vaikutus. Erityinen huolellisuus on tärkeää suunnitteluvaiheessa.

Erikoistyöstäminen mahdollistaa näyttävien kokonaisuuksien rakentamisen suhteellisen vaivattomasti kokemattomaltakin rakentajalta.

## 6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tehdä erikoistyöstöjä käsittelevä opas sekä suunnitella erikoistyöt omakotitaloon. Oppaasta tehtiin mahdollisimman laajaa käyttäjäkuntaa palveleva sekä helposti päivitettävissä oleva.

Suunnittelukohteen toteutuksessa päätavoite oli ohjelmiin tutustuminen ja erikoistyöstöjen tuotannosuunnittelun oppiminen. Työssä testattiin myös joitakin uusia ominaisuuksia, joista osa oli käyttökelpoisia jatkoa ajatellen.

Työ tehtiin toimeksiantona Finnlamelli Oy:lle, joka on alajärveläinen liimattujen puurakenteiden valmistukseen ja markkinointiin erikoistunut yritys. Yritys rekisteröitiin vuonna 1995, mutta varsinainen toiminta alkoi vuonna 1996. Finnlamelli kuuluu suurimpiin lamellihirren valmistajiin Suomessa. Yrityksen päätuotteina ovat lamellihirrestä valmistetut omakotitalot ja vapaa-ajan asunnot, joiden lisäksi Finnlamelli tarjoaa asiakkailleen myös pilari- ja palkkirunkoisia Timber Frame -taloja. Kokonaistoimitusten ohella yritys valmistaa rakennus- ja puuteollisuuden käyttöön liimapuukannatteita, sormijatkettua rakennesahatavaraa, liimattuja tolppia ja pilareita sekä hirsiaihoita. Tuotteiden laadun varmistaa yhteistyö VTT:n kanssa.

Puulajeista kuusta ja mäntyä käytetään Suomessa tavallisimmin rakentamisessa. Puun kosteuspitoisuutta voidaan muuttaa haluttuun suuntaan erilaisilla kuivausmenetelmillä. Kuivuessaan sahatavarakappale muuttaa muotoaan ja siihen saattaa tulla pintahalkeamia. Puun kosteuspitoisuuden alentuessa lujuus- ja jäykkyysominaisuudet kuitenkin kasvavat. Rakentamisen kannalta on tärkeää tiedostaa, että puu on hygroskooppinen aine eli sen kosteuspitoisuus vaihtelee ilman kosteuden mukaan. Puu on myös anisotrooppista ainetta eli sen lujuusominaisuudet ovat riippuvaisia siihen kohdistuneen kuorman suunnasta. Tiheydellä on suurin vaikutus puun lujuusominaisuuksiin.

Puulajien eroavaisuudet ja eri yksilöiden erot tekevät puuliitosten suunnittelusta haastavaa. Useimmiten liitokset onnistuvat parhaiten kovilla puulajeilla. Kovaa lehtipuuta on hyvä käyttää pienissä ja tarkkuutta vaativissa liitoksissa, kun taas pehmeä havupuu soveltuu suorutensa takia isoihin vähemmän tarkkuutta vaativiin



liitoksiin. Liitokset voidaan jakaa ryhmiin joko fysikaalisen toimintansa tai geometrisen muodon perusteella.

Puuntyöstäminen on puumateriaalin muokkaamista valmiiksi tuotteeksi tai ahioksi käyttäen apuvälineenä koneita tai käsityövälineitä. Erikoistyöstämisellä tarkoitetaan Hundeggerin yhdistelmäkoneilla tehtäviä työstöjä, jollaisia ei voida tehdä perinteisillä hirrentyöstökoneilla. Erikoistyöstämistä hyödynnetään myös esimerkiksi päätyelementtien tekemisessä. Opinnäytetyössä tutustuttiin Hundeggerin historiaan ja koneisiin.

Hirsirakennuksen rakenteita suunniteltaessa on otettava huomioon tiettyjä erityispiirteitä, kuten puun luonnollisesta kuivumisesta, hirsiseinän saumojen tiivistymisestä ja kuormituksesta johtuvat painumat. Hirsiseinä on hengittävä rakenne, koska siinä ei käytetä höyrynsulkumuovia tai muuta höyryä pidättävää rakennetta. Hirsi tasaa sisäilman lämpöä ja kosteutta, koska se kykenee varaamaan ja luovuttamaan niitä. Nykyaikainen hirsitalo oikein rakennettuna on kuitenkin erittäin ilmatiivis.

Hirsitalon suunnitteluprosessi lähtee käyntiin asiakkaan yhteyden otosta myyjään tai suoraan tehtaalle. Suunnittelun pohjana käytetään asiakkaan ja myyjän sopimuksesta syntyvää toimitussisältöä.

Työn tuloksena saatua opasta varten selvitettiin mahdollisia työstöjä ja niiden mittoja, joista oli tarkoitus tulla oppaaseen osio. Myös elementeistä ja liimapuupalkeista kerättiin opasta varten oleellisia tietoja. Oppaan lähtökohtana käytettiin 10 vuotta vanhaa aiheesta laadittua opasta. Opas sisältää tietoja ja kuvia erilaisista työstöistä sekä ohjeita suunnittelijoille. Opas rajattiin käsittelemään hirsirakentamista, mutta tarpeen vaatiessa sitä voidaan laajentaa myös Timber Frame-työstöihin.

Toisena työn tuloksena saatiin omakotitalon vesikaton ja päätyelementtien erikoistyöstöt. Katon suunnittelu ja mallinnus tehtiin HsbCAD:lla katon sisältämien jiirien ja kattolyhtyjen takia. Päätyelementtien tuotannosuunnittelu tehdään aina HsbCAD:lla. HsbCAD-kuvien valmistuttua ne siirrettiin K2EKP-ohjelmaan, jolla ne talletetaan Hundeggerin työstettäväksi.



## LÄHTEET

- Finnlamelli Oy. 2010. Hirsitalon pystytysohje. Alajärvi: Finnlamelli Oy.
- Finnlamelli Oy. 2011a. Finnlamelli. [www-dokumentti]. Finnlamelli Oy. [Viitattu 21.2.2011]. Saatavana: <http://www.finnlamelli.fi/finnlamelli>.
- Finnlamelli Oy. 2011b. Teollisuusmyynti. [www-dokumentti]. Finnlamelli Oy. [Viitattu 21.2.2011]. Saatavana: <http://www.finnlamelli.fi/teollisuusmyynti>.
- Finnlamelli Oy. 2011c. Myyntipisteet. [www-dokumentti]. Finnlamelli Oy. [Viitattu 21.2.2011]. Saatavana: <http://www.finnlamelli.fi/myynti>.
- Finnlamelli Oy. 2011d. Ulkomaanvienti. [www-dokumentti]. Finnlamelli Oy. [Viitattu 21.2.2011]. Saatavana: <http://www.finnlamelli.fi/vienti>.
- Finnlamelli Oy. 2011e. Talomallisto. [www-dokumentti]. Finnlamelli Oy. [Viitattu 21.2.2011]. Saatavana: <http://www.finnlamelli.fi/talomallisto>.
- Hakalin, P. 2005. Rakennan Hirrestä. 5. uudistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Hirsituotanto. 17.2.2011. [Verkkosivusto]. Mariocon Oy. [Viitattu 17.2.2011]. Saatavana: <http://www.mariocon.fi/15>
- Hundegger. 5.4.2010. [Verkkosivusto.] Hundegger maschinenbau. [Viitattu 16.2.2011]. Saatavana: <http://sprachen.hundegger.de/index.php?id=123&L=5>
- Jussila, A., Pikkujämsä, P. & Päätaalo, H. 2001. Hirsitalon suunnittelu Talonrakentajan käsikirja 6. 2. korjattu painos 2001. Jyväskylä: Rakentajan Tietokirjat.
- Kari, O-P., Mehtälä, T. & Tölli, J. 2005. Puun palo-ominaisuudet. [Verkojulkaisu]. Espoo: Aalto-yliopisto. [Viitattu 16.2.2011]. Saatavana: <http://www.tkk.fi/>
- Puuntyöstö. 26.12.2010. [Verkkosivusto]. Wikipedia. [Viitattu 16.02.2011]. Saatavana: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Puunty%C3%B6st%C3%B6>
- RTS 1990. RT 82–10415 Hirsitalon suunnitteluperusteet. Ohjetiedosto. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- RTS 2009. RT 21-10978 Puutavara sahattu, höylätty ja jatkojalosteet. Ohjetiedosto. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RTS 2001. RT 21-10750 Sahattu ja höylätty puutavara. Ohjetiedosto. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RTS 2006. SIT 24-610023. Puuliitokset. Ohjetiedosto. Helsinki: Rakennustieto Oy

Siikanen, U. 2008. Puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Suomen rakentamismääräyskokoelma B10. 2001. Puurakenteet. Ohjeet 2001. [www-dokumentti]. Ympäristöministeriö. [Viitattu 23.3.2011]. Saatavana: <http://www.finlex.fi/pdf/normit/6363-B10.pdf>

## **LIITTEET**

**LIITE 1. Yläpohjan sijoituspiirustus**

**LIITE 2. Päädyn leikkauskuva**

**LIITE 3. Omakotitalon erikoistyöt**

**LIITE 4. Pääkatto ja vastaharja**

**LIITE 5. Kuistin vasat**

**LIITE 6. Liimapuupalkit**

**LIITE 7. Kattolyhty**


**LIITE 8. Poikaselementit**

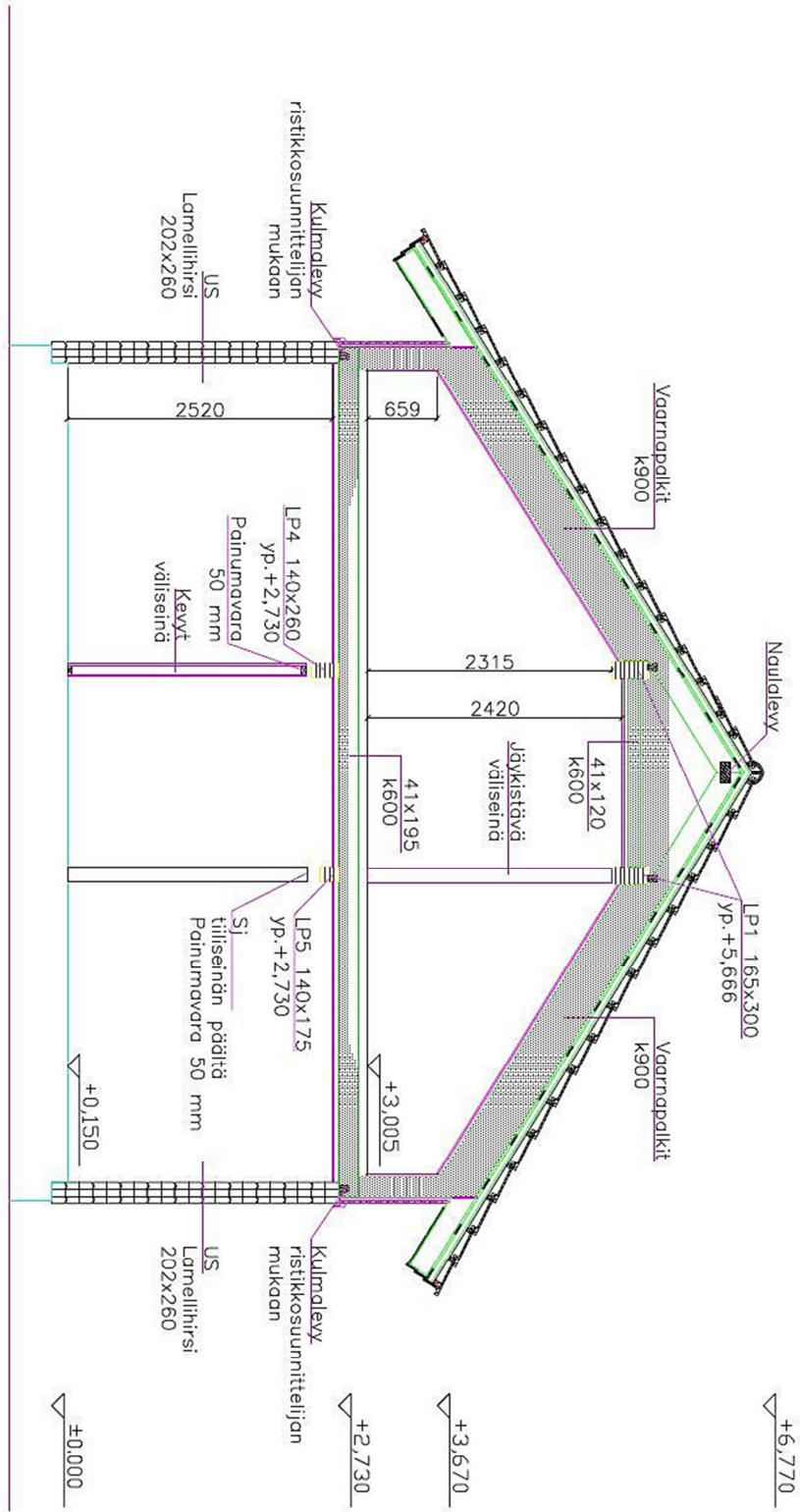
**LIITE 9. Päätyelementit**

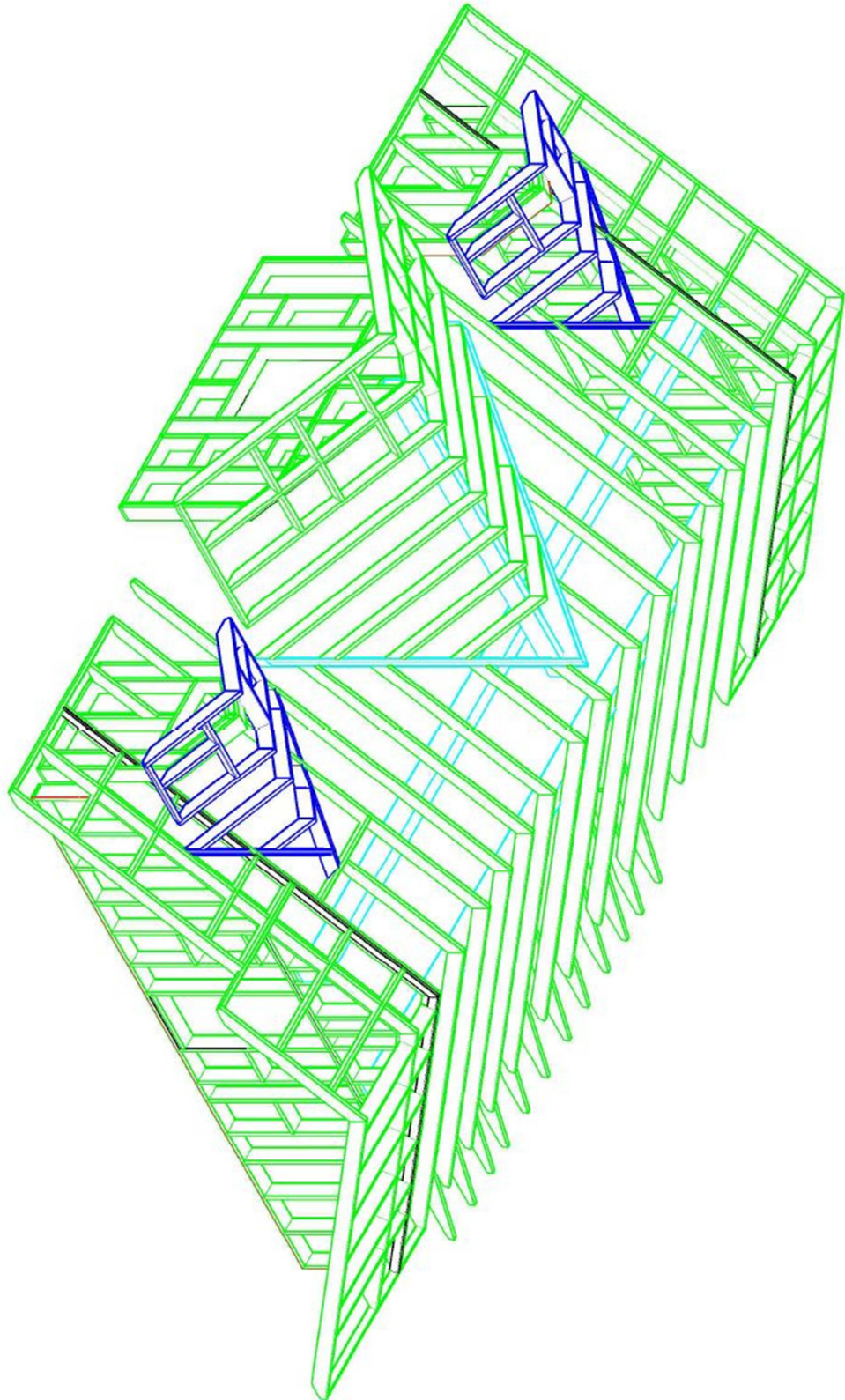
**LIITE 10. Erikoistyöstöopas**



LIITE 2. Päädyn leikkauskuva

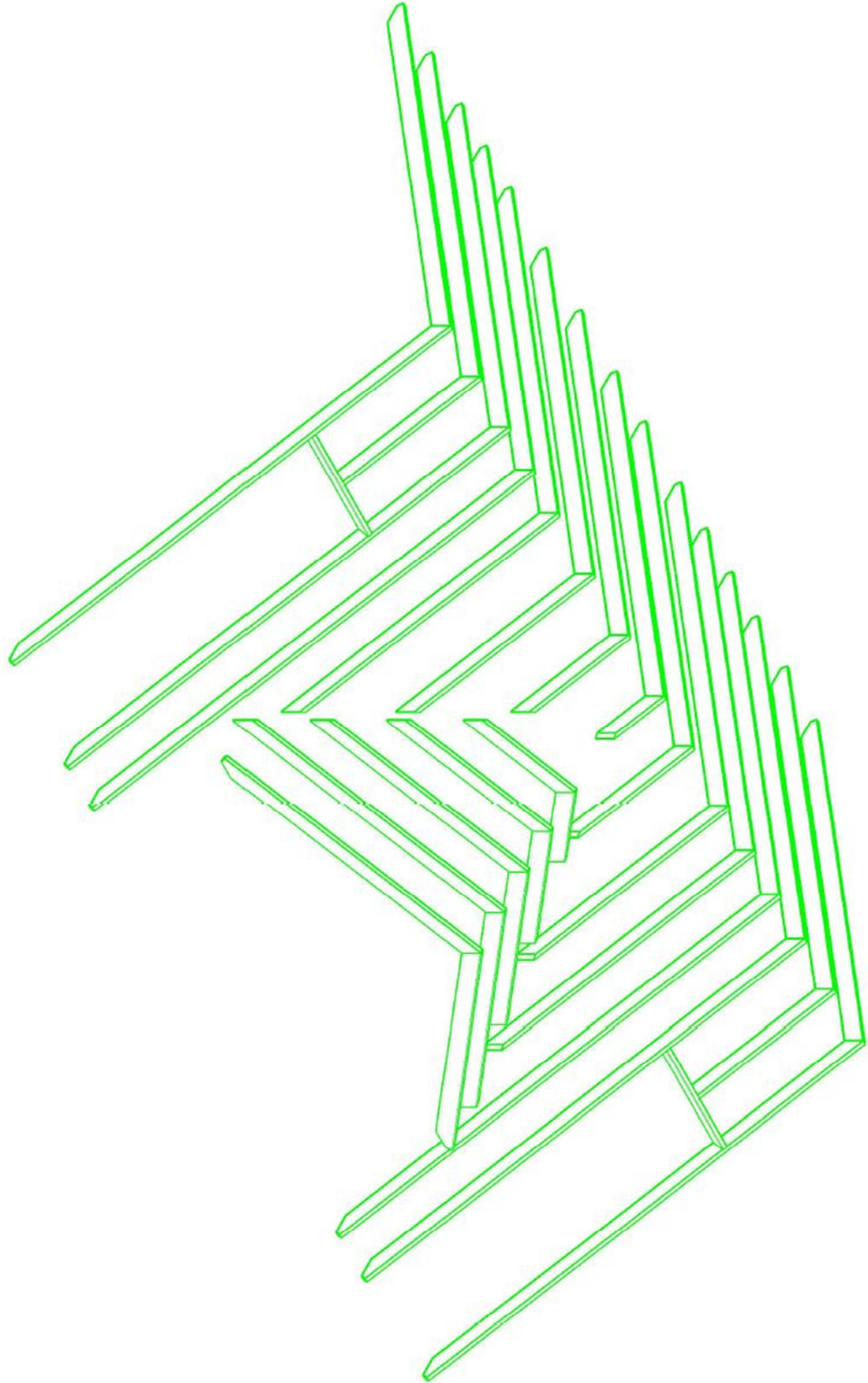
	Leikkaus 1-1	1:50
	Kohde: Omdkottdlo Poussa	



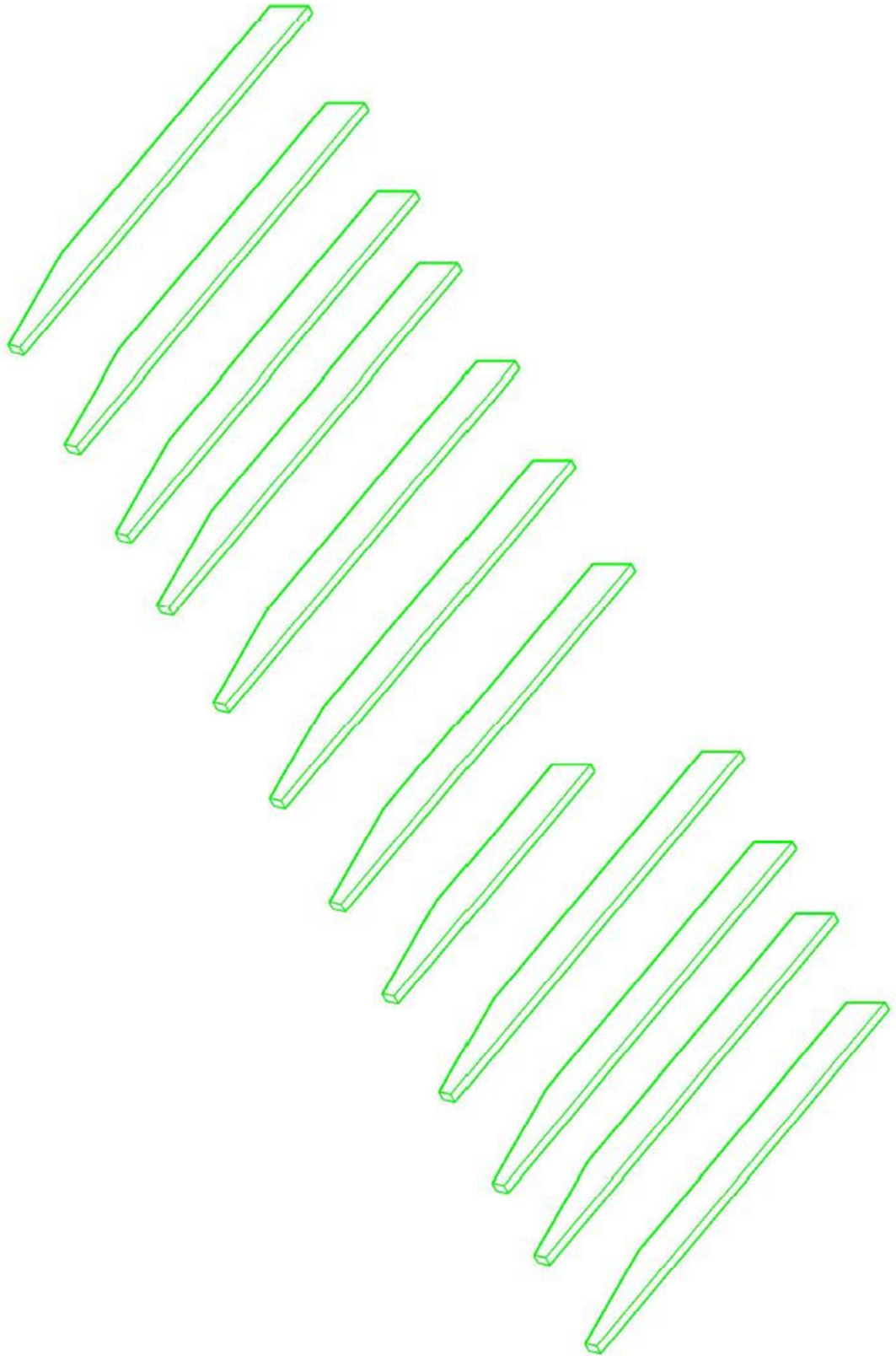
**LIITE 3. Omakotitalon erikoistyöt**



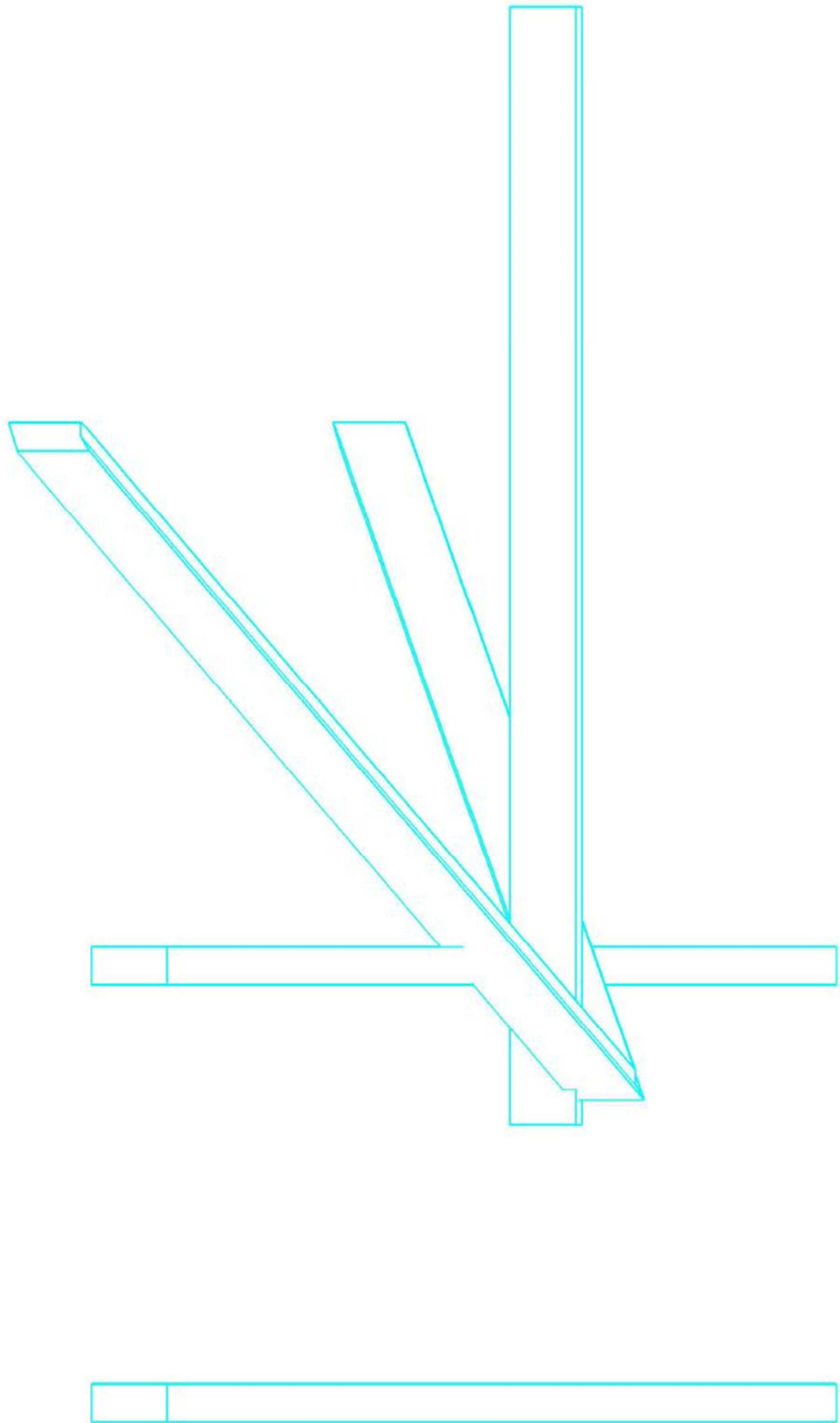
**LIITE 4. Pääkatto ja vastaharja**



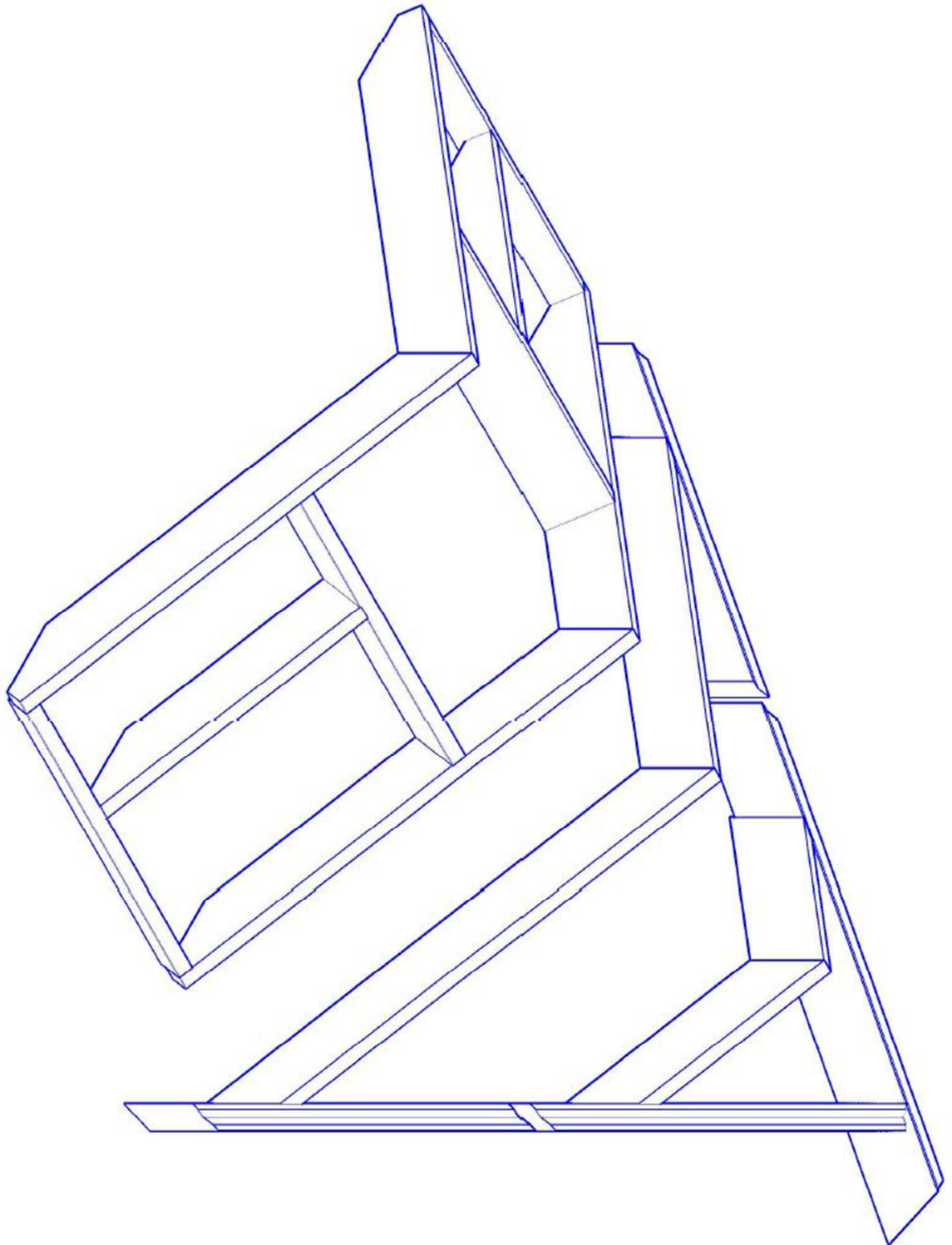
**LIITE 5. Kuistin vasat**



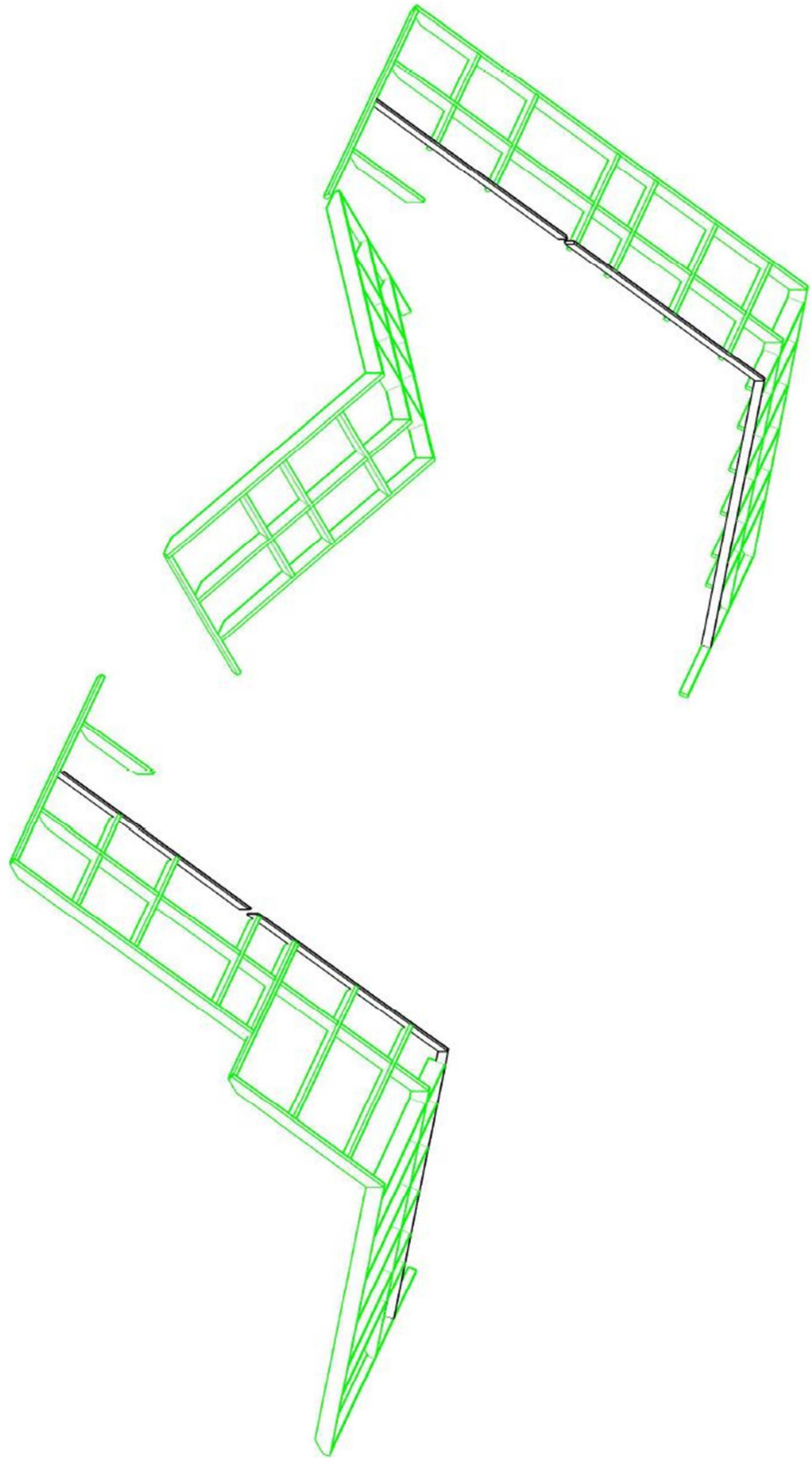
**LIITE 6. Liimapuupalkit**



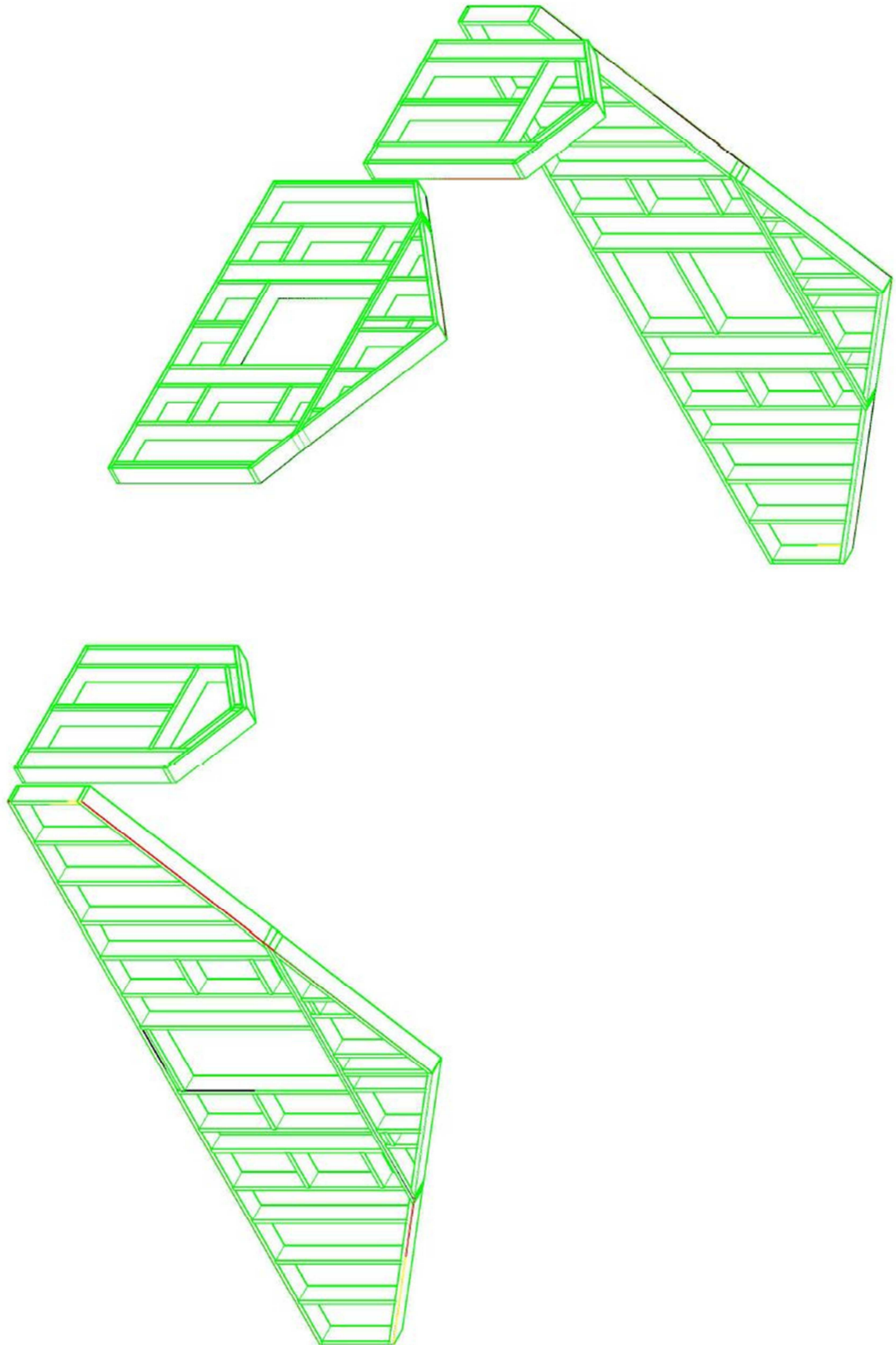
**LIITE 7. Kattolyhty**



**LIITE 8. Poikaselementit**



**LIITE 9. Päätyelementit**



LIITE 10. Erikoistyöstöopas

FINNLAMELLI OY

# Hundegger työstöt

---

Erikoistyöstöopas



Kuva: [www.hundegger.de](http://www.hundegger.de)

## SISÄLTÖ

SISÄLTÖ .....	1
1 Yleistä .....	3
2 Eri rakenteisiin tehtäviä liitoksia ja työstöjä.....	4
2.1 Liimapalkkeihin tehtäviä työstöjä.....	4
2.2 Kattovasoihin tehtäviä työstöjä.....	4
2.3 Pilareihin tehtäviä työstöjä .....	4
2.4 Välipohjavesoihin tehtäviä työstöjä .....	4
2.5 Hirsikehikon työstöt.....	5
2.6 Muut.....	5
3 Työstöjen kuvia ja mittoja.....	6
3.1 Välipohjavesojen liitokset hirsiseinään .....	6
3.1.1 Vasat seinän läpi.....	6
3.1.2 Lohenpyrstö .....	9
3.1.3 Tasku .....	10
3.1.4 Piilokenkäliitos .....	12
3.2 Kattovasojen työstöt ja liitokset .....	13
3.2.1 Kolot liimapalkkia tai hirsyä varten .....	13
3.2.2 Vasojen päiden viistoaminen .....	14
3.2.3 Vasojen harjaliitos.....	15
3.2.4 Jiirivasat/palkit.....	15
3.3 Liimapalkkien ja pilareiden työstöt.....	16
3.3.1 Suorajatkos/lohenpyrstö.....	17
3.3.2 Kynsijatkos.....	17
4 Työstöjen huomioiminen rakennesuunnittelussa .....	18
4.1 Vesikatto .....	18
4.2 Päätyelementit .....	19
5 hsbCAD – suunnitteluun ohjeita .....	21



## 1 Yleistä

Hundegger yhdistelmäkoneella tehdään erikoistyöstöjä hirsikehikkoon, työstöjä kattovasoihin, päätyelementteihin, följäreihin, HSB-cadilla suunniteltuihin kattoihin, sekä liimapalkkeihin ja pilareihin. Suunniteltaessa työstöjä on tärkeää olla yhteydessä erikoistyöstön suunnittelijaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, etenkin jos työstöä ei ole työstölistassa.

## **2 Eri rakenteisiin tehtäviä liitoksia ja työstöjä**

### **2.1 Liimapalkkeihin tehtäviä työstöjä**

- Jatkosliitokset
- Vasojen liittyminen palkkiin
- Palkin reunojen viistäminen
- Tappiliitokset

### **2.2 Kattovasoihin tehtäviä työstöjä**

- Vasojen päiden viistoaminen
- Kolot liimapalkkia tai hirsiiä varten
- Yläpään ”lapeliitos”
- Jiirivasojen työstöt
- A-puiden/kitapuiden työstäminen

### **2.3 Pilareihin tehtäviä työstöjä**

- Reunojen viistäminen
- Tappiliitokset
- Följäreiden työstöt

### **2.4 Välipohjivasoihin tehtäviä työstöjä**

- Lohenpyrstöliitos hirsiseinään
- Tappiliitos hirsiseinään
- Lukkoliitos hirsiseinän läpi
- Suorakaula/läpilovi hirsiseinän läpi
- Piilokenkäliitokset
- Lohenpyrstöliitokset palkkien kylkeen

## 2.5 Hirsikehikon työstöt

Hirsiin työstöt tulevat seinäkuvien teon yhteydessä suoraan hirsicadista

Seinienliitokset:

- Lohenpyrstöliitos
- ”halfplatt”
- Normaalilukko
- Väliseinä ura

Välipohjavesojen liittyminen seinään:

- Lohenpyrstö
- Tappiliitos
- Piilokenkäliitos

Vasat hirsiseinän läpi:

- Normaali lukko
- Suorakaula / läpilovi

Välipohjapalkkienliitokset:

- Lohenpyrstöliitos
- Taskuliitos

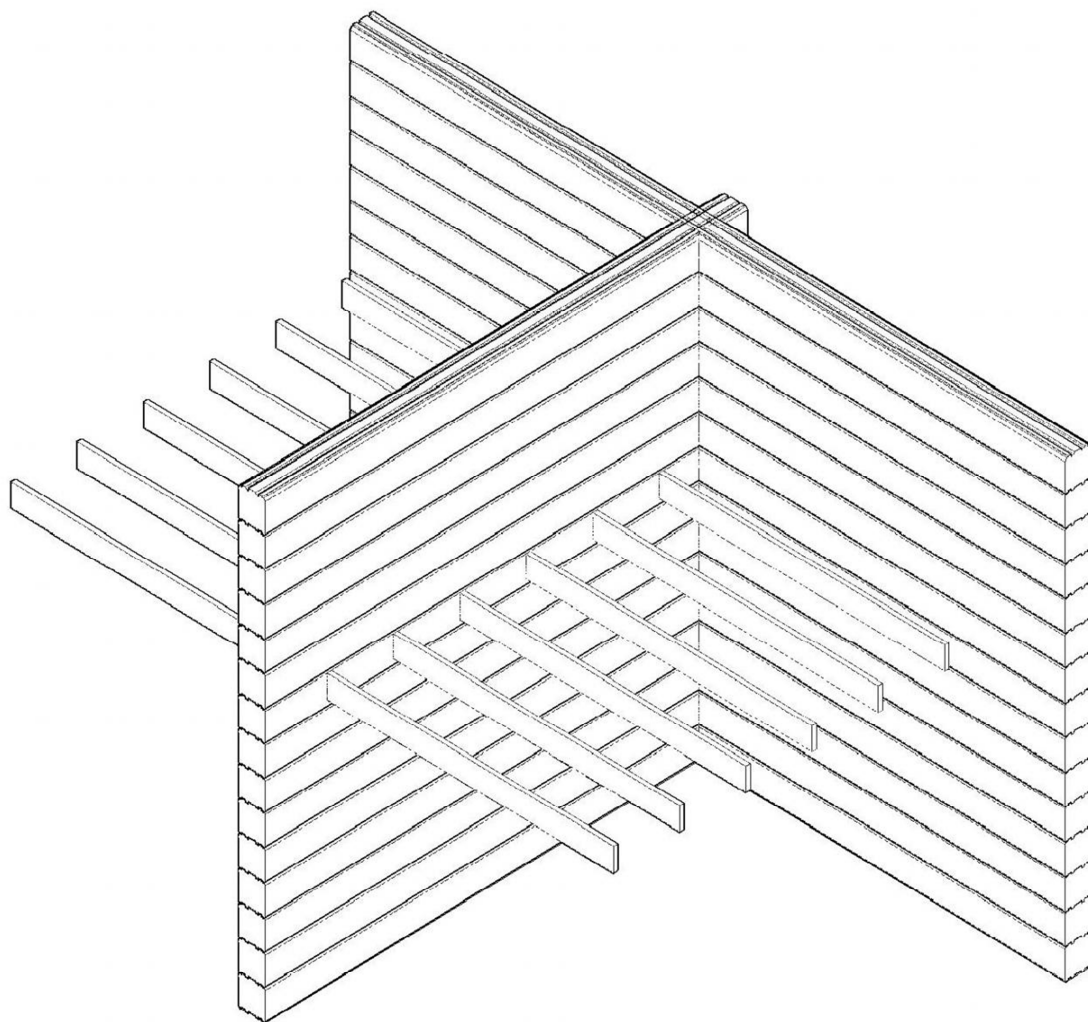
## 2.6 Muut

- Erilaiset koristeviisteet

### 3 Työstöjen kuvia ja mittoja

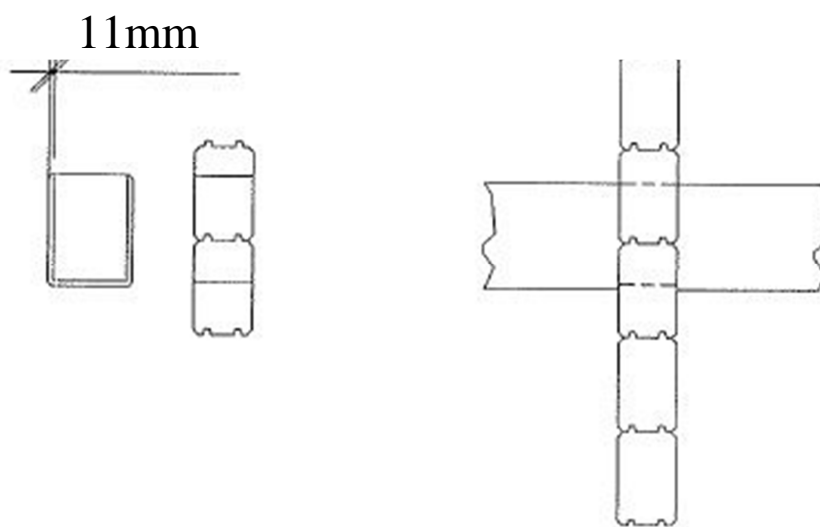
#### 3.1 Välipohjatasojen liitokset hirsiseinään

##### 3.1.1 Vasat seinän läpi

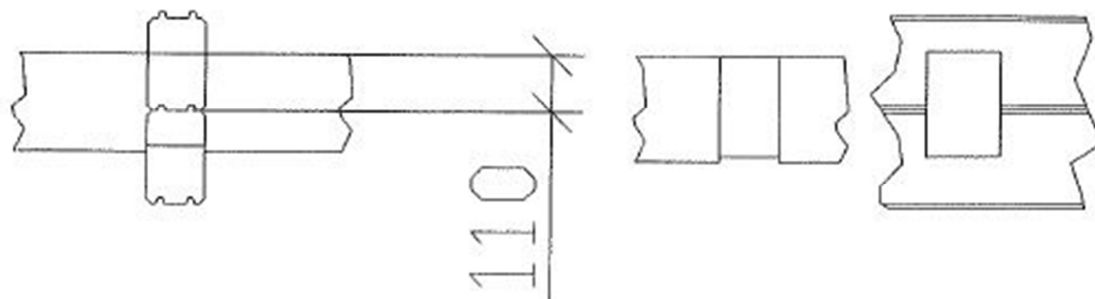


Kuva 1. Vasat hirsiseinän läpi.

Työstön mittoja:



- Työstö 11 mm sivuilta ja alta.



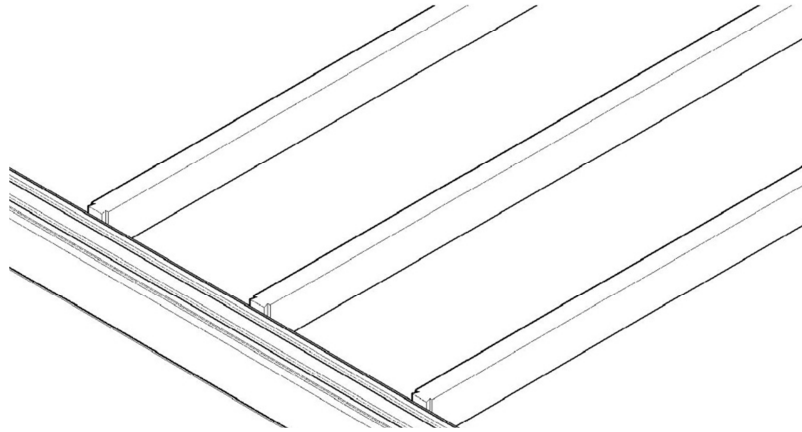
- Työstösyvyys korkeussuunnassa hirteen max. 110 mm.



Kuva 2. Aukkojen teossa käytetään tarpeen vaatiessa samaa periaatetta.

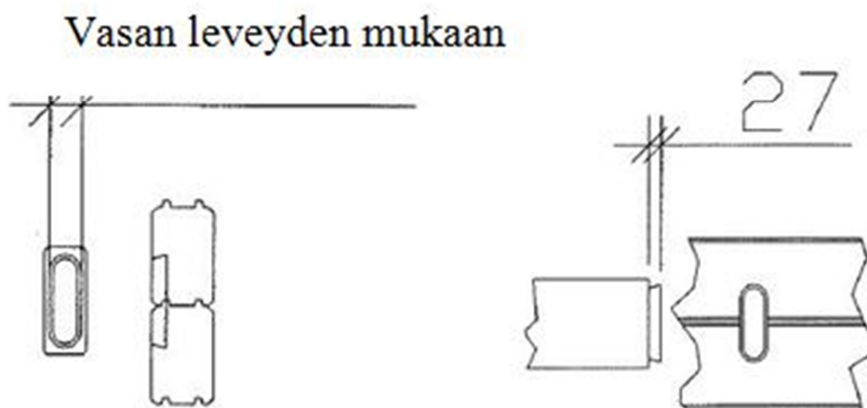
- Jos tarvetta yli 110mm työstölle, niin työstövaiheessa tehdään ketjusahalla ura oikeaan korkoon, sekä 60 mm syvä työstönlevyinen ura (Kuva 2). Palikka katkaistaan työmaalla moottorisahalla pois.

### 3.1.2 Lohenpyrstö



Kuva 3. Välipohjajvasojen liitos hirsiseinään lohenpyrstöllä.

Lohenpyrstötyöstön mittoja:



- Työstön leveys tulee vasan leveyden mukaan.
- Vastakappaleen työstön syvyys 27 mm.
- Työstön korkeus vapaa.

### 3.1.3 Tasku



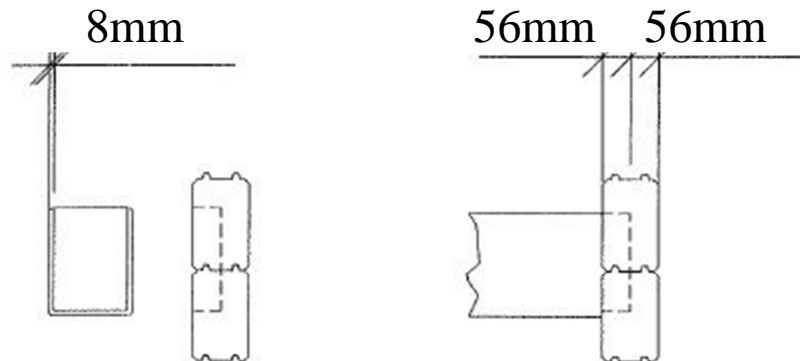
Kuva 4. Tasku työstettynä hirteen.



Kuva 5. Taskuliitos valmiina.



## Taskutyöstön mittoja:

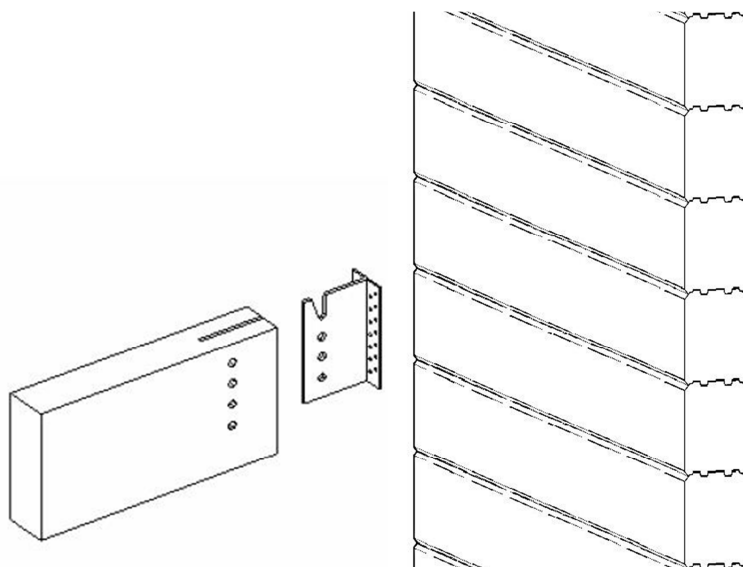


- Työstö 8 mm sivuilta ja alta n.10 mm.
- Vastakappaleen työstön syvyys puolet paksuudesta.



- Yleisin taskun syvyys 67 mm, mutta voi olla syvempikin riippuen rakennesuunnittelusta. Maksimisyvyys 160 mm.
- Molempien kappaleiden kulmiin tehdään pyöristys R20.

### 3.1.4 Piilokenkäliitos



Kuva 6. Piilokenkäliitos.

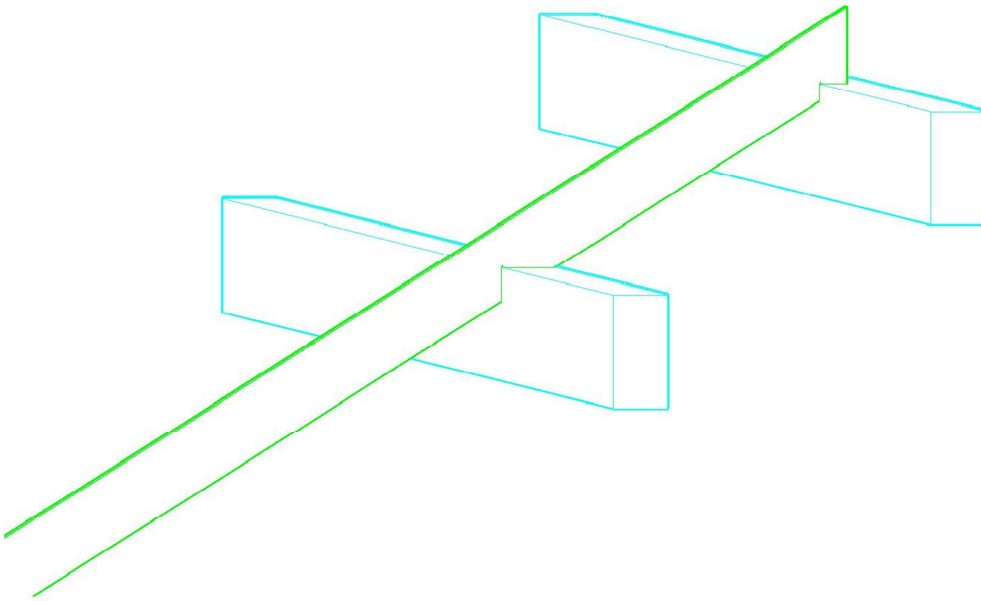
Piilokengät			
Koko (mm)	Vaarnareikiä	Ø (mm)	Varasto
90	4	8	
120	3	12	
160	4	12	
200	5	12	
240	6	12	
120-4	3	12	
160-4	4	12	
200-4	5	12	
240-4	6	12	

Vaarnatappit		
Ø (mm)	Pituus (mm)	Varasto
8	65	
10	65	
12	65	
12	90	
12	115	
12	140	

Taulukot 1 ja 2. Taulukoissa esitetty piilokenkien ja vaarnatappien valinnan kannalta oleellisia tietoja.

## 3.2 Kattovasojen työstöt ja liitokset

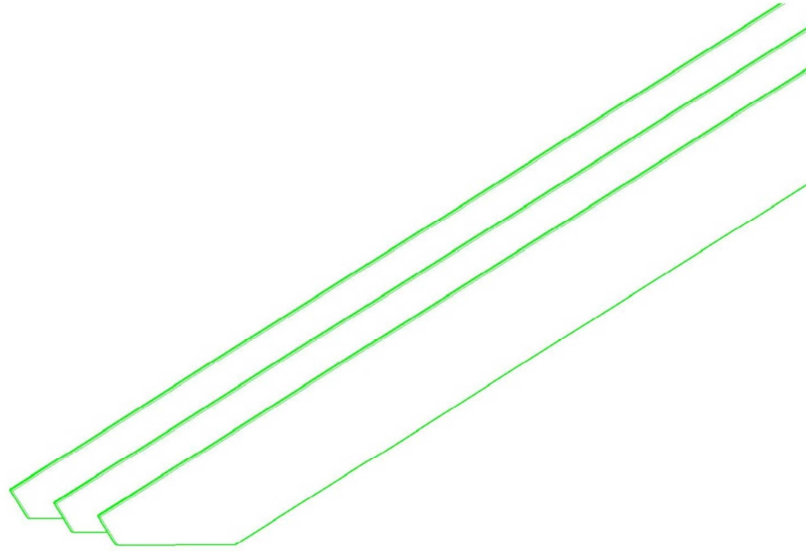
### 3.2.1 Kolot liimapalkkia tai hirsyä varten



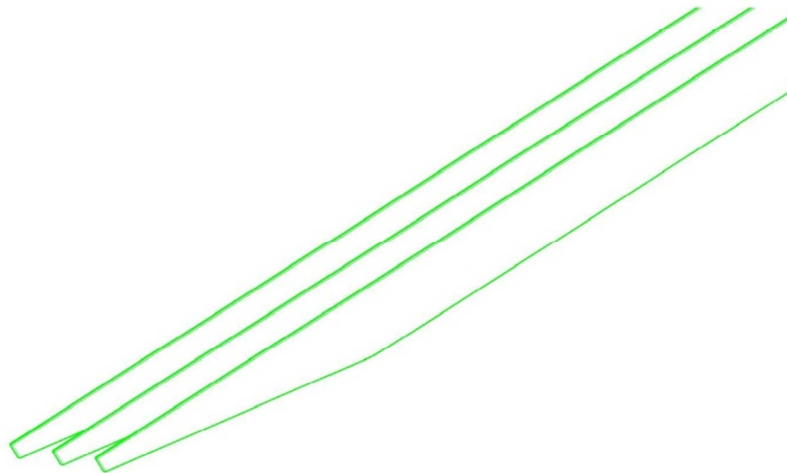
Kuva 7. Kattovasioihin voidaan työstää lovet niiden yhteensovittamiseksi liimapalkkeihin.

### 3.2.2 Vasojen päiden viistoaminen

Kattovasojen päihin voidaan tehdä koristeviisteitä.

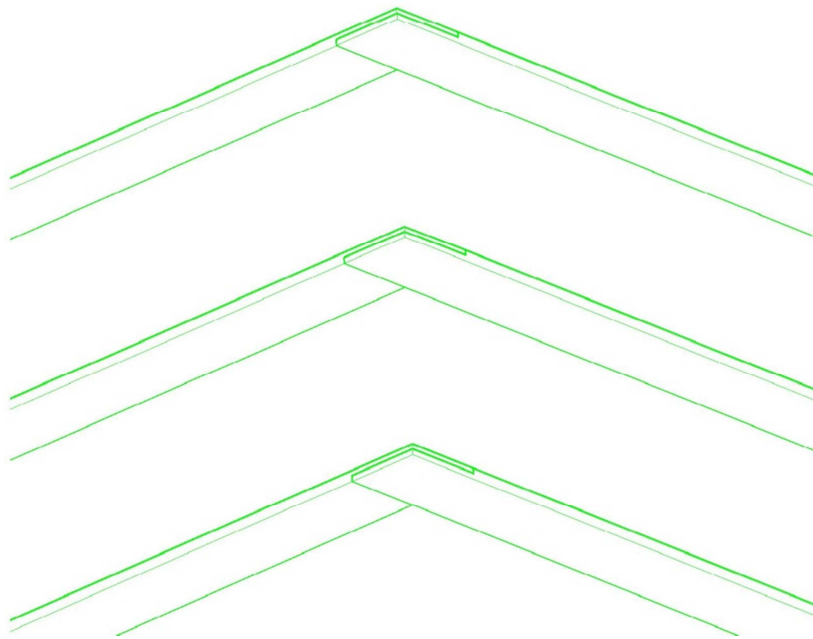


Kuva 8. Lyhytviiste



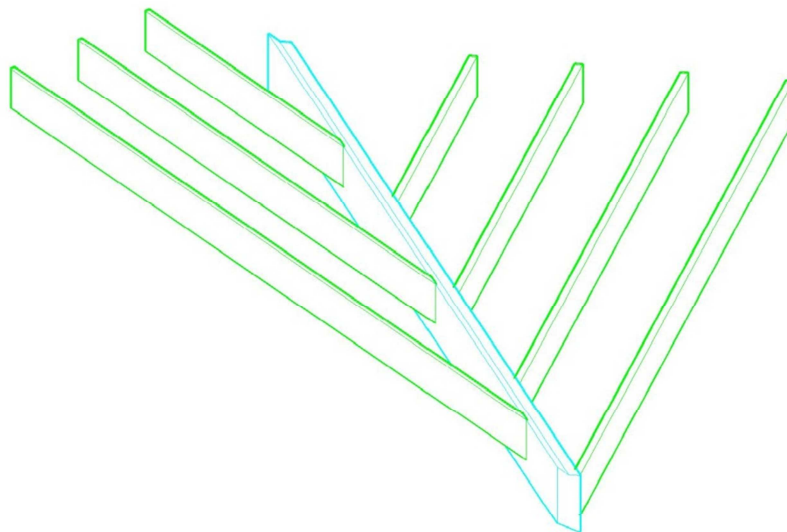
Kuva 9. Pitkäviiste

### 3.2.3 Vasojen harjaliitos



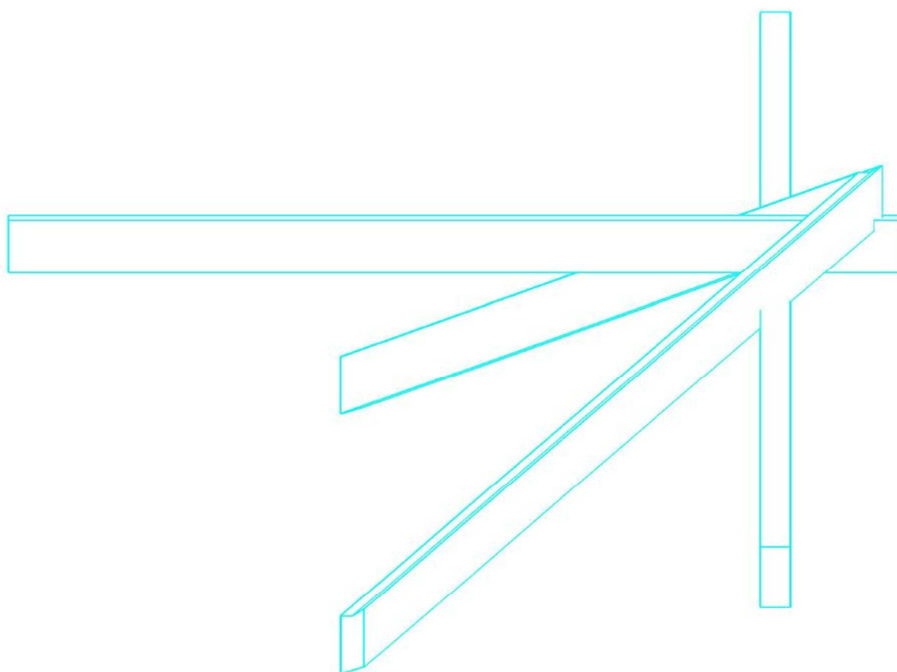
Kuva 10. Kattovasojen harjaliitos (poskiliitos).

### 3.2.4 Jiirivasat/palkit



Kuva 11. Jiiripalkki ja kattovasat työstettynä yhteensopiviksi.

### 3.3 Liimapalkkien ja pilareiden työstöt

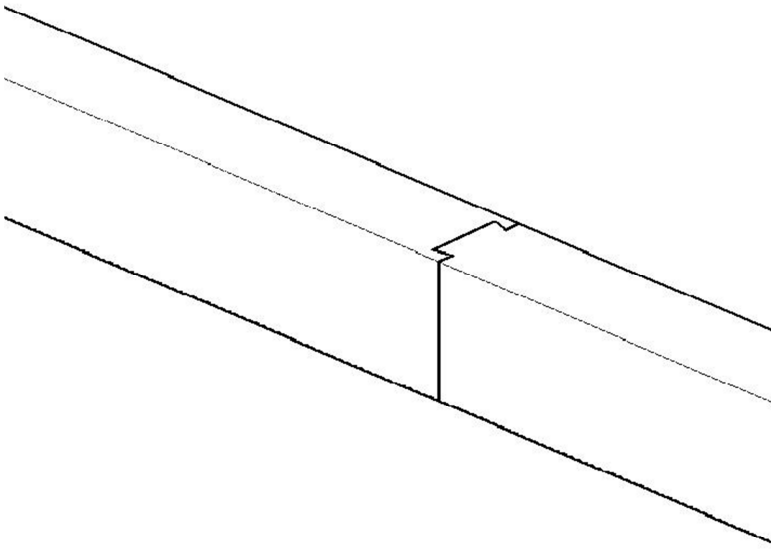


Kuva 12. Liimapalkkeja työstöineen.

Maksimimittoja:

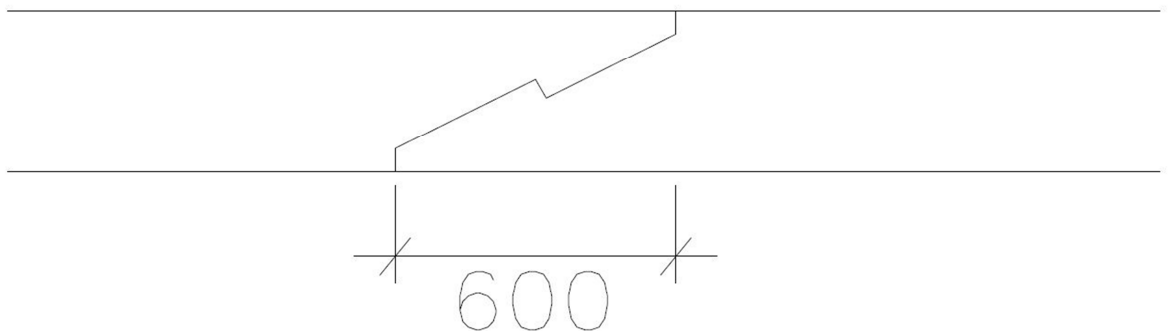
- LP = 12 800 mm / Riippuu autosta
- Pilarit = 6000 mm. Erikseen tilaamalla 12 000 mm.
- Kahden kappaleen liimatut = 12 000 mm

### 3.3.1 Suorajatkos/lohenpyrstö



Kuva 13. Liimapalkkeja voidaan jatkaa lohenpyrstöliitoksella.

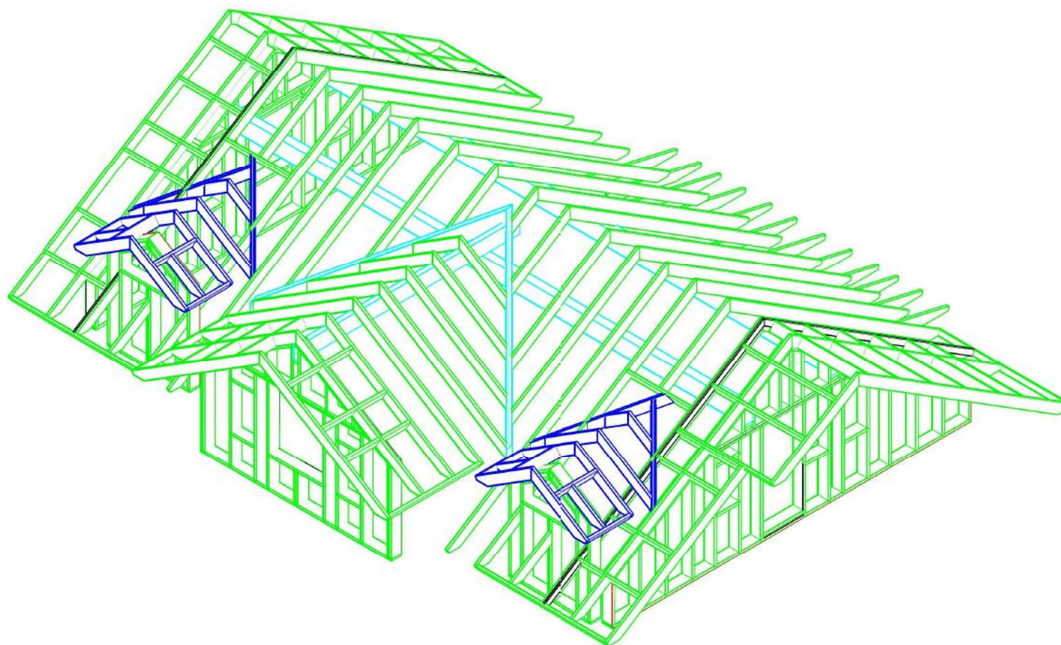
### 3.3.2 Kynsijatkos



Kuva 14. Liimapalkki jatkettuna kynsiliitoksen avulla.

## 4 Työstöjen huomioiminen rakennesuunnittelussa

### 4.1 Vesikatto



Kuva 15. Kuva erikoistyöstettävästä katosta päätelementteineen.

Vesikaton sisältäessä jiirejä tai lyhtyjä, kattovasojen työstöt tehdään hsbCAD:n kautta.

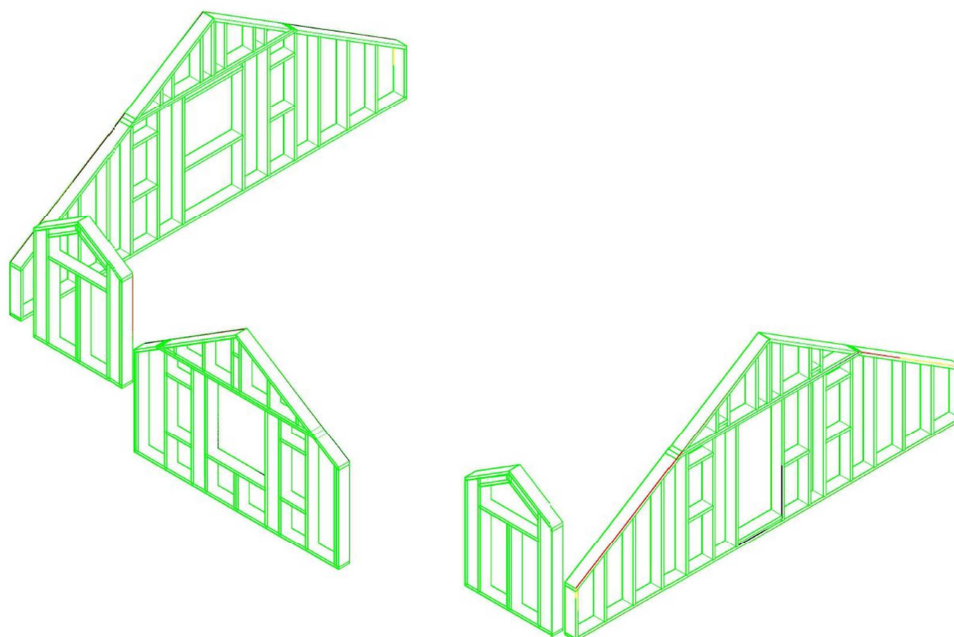
Kattolyhdyt olisi hyvä sijoittaa niin, että ne ovat oikeassa tasossa nollapisteen suhteen, tai että paperin ulkopuolelle on piirretty nollatasoa kuvaava viiva tai muu vastaava, josta pääsee käsiksi nollapisteeseen. Etäisyys harjalta on hyödyllinen tieto.

Jiiripuun minimipaksuus on 70 mm (tarkista), jotta työstöt saadaan tehtyä, eli vaikka kattovasat muuten olisivatkin esim. 41x195, käytä jiireissä vähintään 70x195.

Kattoon, jossa on suorat lappeet, kattovasojen työstöt ohjelmoidaan käsin K2-EKP ohjelmalla. Tällöin vasoista olisi hyvä olla olemassa mitoitettut naamakuvat ja kappalemäärät.



## 4.2 Päätyelementit



Kuva 16. Kuva päätyelementeistä.

Päätyelementeistä tarvitaan naamakuva, jossa esitetään aukot. Elementeistä täytyy olla myös pystyleikkaus, jossa kerrotaan rakennekerrokset ja puutavaran koko. Päätyräystäsleikkauksen on vastattava elementtikuvaa. Elementtikuvista on käytävä ilmi jatkuuko tuulensuojalevy elementin yli.

Lämpimissä päädyissä rungon vahvuus on 41x218, sisäpuolelle 41x47.

Jos panelointia ei ole välttämätöntä tehdä koko matkalle (esim. terassi päädyssä), piirrä paneloinnista kuva.

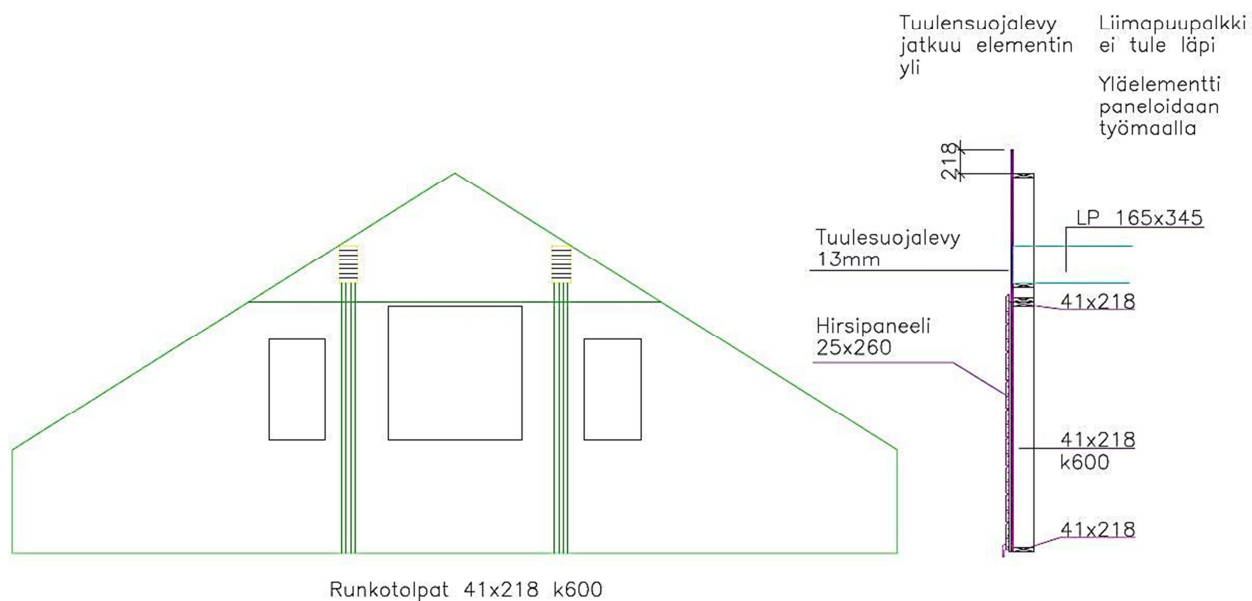
Palkkien tuet tulee näkyä naamakuvassa. Pystyleikkauksessa tulisi näkyä se, että tuleeko palkki elementin läpi vai jääkö palkki elementin sisään.

Kylmissä päädyissä käytettävistä tuulensuojasuikaleista tulee maininta pystyleikkauksessa.

Kuljetuksellisista syistä päätyelementtien maksimi korkeus on 2650 mm. Yli 2650 mm korkeissa elementeissä ylimenevä osa tehdään omana kärkikolmio elementti-

nään. Katkaisukohta kannattaa ottaa esim. oven päältä tai muusta sopivasta paikasta.

Suotavaa on, jos elementtien valmistuksessa voidaan käyttää vain 1-2 dimensiota.



Kuva 17. Esimerkki naamakuvasta ja pystyleikkauksesta.

## 5 hsbCAD – suunnitteluun ohjeita

Mallinnus aloitetaan kattolappeiden luomisella. Lappeita varten tarvitaan tieto ulkoseinien korkeuksista, räystäiden ylityksistä ja kattojen kulmista. Ulkoseinälinja kannattaa kopioida pohjakuvasta hahmottamisen avuksi. Kun kaikki lappeat on luotu, on tärkeää muistaa yhdistää ne. Tällä tavalla katto tulee kokonaisuudessaan oikein ja lappeiden leikkauspisteet oikeisiin kohtiin jirejä ajatellen. Lappeiden yhdistämisen jälkeen kannattaa sijoittaa jiiripuut paikoilleen ja sen jälkeen vasta vasat, koska vasat törmäävät useimmiten automaattisesti jireihin eikä niitä tarvitse manuaalisesti törmäyttää jireihin. Vasat ja jiiripuut kannattaa heti sijoittaa oikean korkoon lappeen suhteen (vasan yläpinta lappeen tasolle). Näin ne ovat oikeassa korossa esim. mahdollisten liimapalkkien kanssa.

Kun esim. vasa ja jiiri siirretään oikeisiin paikkoihinsa, pitää muistaa laittaa filter-z valinta päälle. Valinnalla lukitaan z-akselin suuntainen liike eli kappaleet eivät muuta korkoaan.

Kattolyhdyt kannattaa tehdä niitä varten olemassa olevalla työkalulla, jota varten tarvitaan seinänkorkeus, katon kulma, etäisyys harjalta jne.

Poikaset saa tehtyä työkalulla joka on tarkoitettu kattoruoteiden tekemiseen. Asetukset täytyy vain muuttaa poikasta vastaaviksi.

Päätylelementit tehdään samalla periaatteella kuin katto. Eli aloitetaan lappeiden tekemisellä, mutta tehdäänkin ne vaakatasoon. Runkotolppina ja juoksuina käytetään vasa ja jiiriä käännellään sopiviin kulmiin. Jos samaan kohteeseen tulee myös kattosuunnittelu hsb:llä, kannattaa elementit nostaa pystyyn ja sijoittaa katon kanssa oikeaan paikkaan hahmottamisen parantamiseksi. Juoksuihin ja aukkojen reunoilla oleviin tolppiin pitää muistaa työstää 2 mm ura.