

# LIIMARISTIKKOLIITOKSEN KEHITTÄMINEN TEOLLISEEN TUOTANTOON

Juho Mäenpää

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2014

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Mäenpää, Juho	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 09.05.2014
	Sivumäärä 43	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi LIIMARISTIKKOLIITOKSEN KEHITTÄMINEN TEOLLISEEN TUOTANTOON		
Koulutusohjelma Rakennustekniikka		
Työn ohjaaja(t) Konttinen, Jukka		
Toimeksiantaja(t) Timber Bros Oy		
<p>Opinnäytetyö on tehty Timber Bros Oy:n ja Tuomo Poutasen toimeksiannosta. Opinnäytetyössä jatkokehitettiin Tuomo Poutasen keksimää ja patentoimaa liimasormiristikkoliitosta ja sen käyttöä puisissa ristikoissa. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, kuinka kehitetty liitos saadaan toteutettua teollisessa tuotannossa. Teollinen tuotanto lisää tuotannon kustannustehokkuutta, luotettavuutta ja tuotteen laatua.</p> <p>Työ tehtiin Kuhmossa Timber Bros Oy:n ja Woodpoliksen kanssa yhteistyössä heidän tiloissaan. Timber Bros Oy on puurakenteiden suunnittelutoimisto, ja Woodpolis tukee puutuoteteollisuutta ja uusien innovaatioiden kehitystä.</p> <p>Työssä käytettiin suunnittelussa AutoCAD-ohjelmaa, jossa on puurakennesuunniteluun kehitetty hsbCAD-lisäosa. CNC-ohjelmoinnissa käytössä oli TpaEdi32-ohjelma, joka on käytetyn Uniteamin CNC-koneen oma työstöohjelma.</p> <p>Projektin lopputuloksena kehitetyillä menetelmillä valmistettiin kaksi kappaletta prototyypikattoristikkoja, jotka testattiin. Testatut kattoristikot on otettu käyttöön oikeassa kohteessa mökki Wälkkeessä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Liimaristikko, hsbCAD, Uniteam, Hundegger, puurakenne		
Muut tiedot		



Author(s) Mäenpää, Juho	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 09.05.2014
	Pages 43	Language
		Permission for web publication ( X )
Title DEVELOPMENT OF CLUED FINGER-JOINT TRUST FOR INDUSTRIAL PRODUCTION		
Degree Programme Civil Engineering		
Tutor(s) Konttinen, Jukka		
Assigned by Timber Bros Oy		
<p>This thesis was assigned by Timber Bros Oy and Tuomo Poutanen who has developed and patented a finger-jointing technique in glued timber trusses. The aim of this thesis was to research how to transfer the finger-joints into industrial production, which would increase the cost effectiveness, reliability and quality of the product.</p> <p>The work was carried out in Kuhmo in the premises of Woodpolis in co-operation with Timber Bros Oy, a company specialized in wood construction. Woodpolis supports the woodworking industry in product development and new innovations.</p> <p>The programs that were used were AutoCAD with hsbCAD extension for timberdesign. CNC machine was utilized by TpaEdi32, which is Uniteam's own CNC program for their CNC-machine.</p> <p>As a result of the study, two prototype timber trusses were created and tested in the end of the project. The prototype was stable and it has already been used in a real building.</p>		
Keywords Glued-trusses, hsbCAD, Uniteam, Hundegger, timber structure		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>Käsitteet</b> .....	3
<b>1 Lähtökohdat</b> .....	4
<b>2 Alkuvalmistelut</b> .....	4
2.1 Tavoitteet ja lähtötiedot.....	4
2.2 Tarvittavat työkalut ja testit.....	6
<b>3 Liimasormiliitos sormijatkamisessa</b> .....	7
3.1 Puun rakenne ja ominaisuudet.....	7
3.2 Rakennussahatavaran sormijatkamisen vaatimukset.....	7
3.3 Sormijatkamisen hyödyt.....	8
3.4 Rakennesahatavaran sormijatkaminen.....	9
<b>4 Liimaristikkoliitoksen ero sormijatkamiseen</b> .....	10
<b>5 Liimaristikkoliitoksen ero naulalevyliitokseen</b> .....	10
<b>6 Liimaristikoinen geometrinen suunnittelu ja mallintaminen</b> .....	12
6.1 Lähtötietojen ja geometriaa määrittävien tekijöiden selvittäminen.....	12
6.2 Sormiliitosjyrsinterän suunnittelu ja tilaus.....	14
6.3 Liitoksen geometrian suunnittelu.....	15
<b>7 Liimaristikoiden mallinnuksen muuntaminen CNC-koneelle</b> .....	17
7.1 CNC -koneen valitseminen.....	17
7.2 Työstöohjelman luominen.....	18
7.2.1 Työstöjen suunnittelu ja mallintaminen.....	18
7.2.2 Työstöohjelman luominen TpaEdi32-ohjelmalla.....	19
<b>8 Koekappaleiden työstöt ja testikappaleiden valmistaminen</b> .....	21
8.1 Käytettävän CNC-koneen valitseminen.....	21
8.2 Testiristikon valmistus ja testaus.....	21
8.2.1 Testiristikon valmistus.....	21
8.2.2 Testiristikon kuormituskoe .....	23
<b>9 Wälkkeen ristikoiden valmistus</b> .....	24
9.1 Ristikoiden osien työstäminen.....	24
9.2 Ristikoiden kasaus ja kuormituskokeet.....	26
9.3 Ristikoiden kuormituskokeet .....	27
<b>10 Yhteenveto ja tulosten arviointi</b> .....	29
<b>Lähteet</b> .....	30

## Liitteet

Liite 1. Poutasen liitosdetaljit.....	31
Liite 2. Sormiliitosjyrsinterän mittakuva 100x250x5.SLDPRT.....	35
Liite 3. Liimaristikoiden kasaus- ja koekuormitusraportti.....	36
Liite 4. Liimaesite KESTOPUR 1030.....	40
Liite 5. Wälke liimaristikot arkkitehtikuvat.....	41
Liite 6. TM Rakennusmaailman julkaisu ristikoista.....	42

## Kuviot

Kuvio 1. Sormiliitoksen ominaisuudet ja rakenne.....	9
Kuvio 2. T, K, E ja L liitokset.....	10
Kuvio 3. Naulalevyliitos.....	11
Kuvio 4. Poutasen suunnittelema K-liitos.....	12
Kuvio 5. Puskussa oleva sormiliitos.....	13
Kuvio 6. 3D piirros testiristikon liitoksesta.....	14
Kuvio 7. Sormiliitosjyrsinterä.....	14
Kuvio 8. Testiristikon 3D-malli.....	16
Kuvio 9. Testiristikon diagonaalinen urosliitos.....	16
Kuvio 10. Hundeggerin palkki-CNC-kone työstää suoraa urosliitosta.....	17
Kuvio 11. Uniteamin pöytä-CNC-kone.....	18
Kuvio 12. 2-ulotteinen viivapiirto yhdestä kattoristikon diagonalista AutoCAD-ohjelmalla.....	19
Kuvio 13. Testiristikon urosliitos.....	22
Kuvio 14. Testiristikon puristuskoee.....	23
Kuvio 15. Pienin työstetty ristikon osa.....	25
Kuvio 16. Osien sovitusta.....	26
Kuvio 17 Lattialle rakennettu kasaus ja –puristus-pöytä.....	27
Kuvio 18. K-liitos valmiissa ristikossa.....	28
Kuvio 19. Ristikko odottaa kuormitusta.....	28

## **Käsitteet**

Aihio

Raakapuukappale, josta haluttu kappale työstetään

AutoCAD

Yleinen ohjelma tietokoneella tehtävään suunnitteluun. CAD:”computer-aided design”

CNC

”Computerized numerical control” eli tietokoneistettu numeerinen ohjaus

CNC-kone

3-ulotteisten kappaleiden automaattiseen työstämiseen, kuten jyrsimiseen tehty kone

Diagonaali

Ristikon paarteiden välissä olevat sauvat

Makro

Ennakkoon määritelty tehtäväjono

Paarre

Ristikon ylä- ja alapuut

TpaEdi32

Uniteamin CNC-koneen oma työstöjen ohjausohjelma

## 1 Lähtökohdat

Naulalevyristikot ovat jo pitkään olleet vallitseva tapa toteuttaa kattoristikot Suomessa ja maailmalla. Tuomo Poutanen on kehittänyt ja patentoinut naulalevyliitosta paloturvallisemman ja kestävämmän ratkaisun puisiin ristikoihin. Liitos on vielä kehitysvaiheessa ja tarvitsee teknisiä ratkaisuja, jotta liitos voidaan tuottaa luotettavasti, laadukkaasti ja kustannustehokkaasti.

Työn tarkoituksena oli jatkokehittää Poutasen liimaristikkoliitosta teolliseen tuotantoon sopivaksi ja toteuttaa liitoksen avulla kaksi kattoristikkoa, jotka otetaan käyttöön kantavina rakenteina todellisessa rakennuskohteessa. Tuotekehitystyö tehtiin Kuhmossa kesällä 2012 Woodpoliksen tiloissa. Kehittäjänä toimi Timber Bros Oy yhteistyössä Woodpoliksen kanssa. Woodpolis tarjosi projektin käyttöön kehitystyöhön tarvittavat CNC-koneet, koulutuksen koneiden käyttöön, ohjelmistot, puumateriaalin sekä puualan ammattilaisten apua.

Työssä luotiin 3-ulotteiset mallit AutoCAD-ohjelmalla, käännettiin mallit CNC-koneiden ymmärtämiksi työstöohjelmiksi ja yhteistyössä Woodpoliksen kanssa työstettiin ja kasattiin ensin koeristikko ja sitten mökki Wälkkeeseen tulleet kantavat kattoristikot.

Projektin lopuksi mökki Wälkkeeseen uudella menetelmällä valmistetut kattoristikot koekuormitettiin ja toimitettiin rakennustyömaalle asennettaviksi. Kattoristikot ovat ensimmäinen kehitetyllä liitoksella toteutettu kantava rakenne ja toimii malliesimerkinä siitä, mitä kehitetyn liitoksen avulla voidaan saada aikaan.

## 2 Alkuvalmistelut

### 2.1 Tavoitteet ja lähtötiedot

Liimaristikkoliitoksen tuotekehityksen tavoitteena oli jatkokehittää Tuomo Poutasen keksimää ja patentoimaa liimaristikkoliitosta teolliseen tuotantoon sopivaksi. Poutanen oli kehittänyt liitosta jo usean vuoden ajan, ja liitoksesta oli olemassa Poutasen ja muiden tekemää tutkimus- ja kehitysmateriaalia. Lähtökohtaisesti oli tarkoitus muokata ja kehittää jo kehiteltyä liitosta ja sen geometriaa niin, että se on mahdollista toteuttaa teollisen mittakaavan laitteilla toimivana ja tehokkaasti. Tehokas toteuttaminen tarkoittaa ajallisesti ja taloudellisesti kannattavaa tuotantotapaa.

Projekti alkoi tutustumisella tehtävään ja tarjolla olevaan materiaaliin aiheesta. Liitos perustuu puun jatkamisessa jo pitkään käytettyyn sormiliitostekniikkaan. Liitos on niin vahva, että se on hyväksytty myös kantavina rakenteina käytettyjen puuosien, kuten puupilarien ja -palkkien, jatkamiseen. Liitos itsessään on kestävämpi kuin itse jatkettava puumateriaali.

Poutanen oli kehittänyt liitosta jo vuosia, joten piti selvittää, mitä sen osalta oli jo tehty ja mistä jatketaan. Matti Hintsala Ylivieskan puutekniikan koulutusohjelmasta on tehnyt Poutaselle opinnäytetyön sormiliimaristikkoliitoksesta vuonna 2011. Kyseinen opinnäytetyö toimi perustiedonlähteenä projektin osalta. Poutanen toimitti myös kuvat suunnitellusta liitoksesta. Poutasen liitosdetaljit ovat liitteessä 1.

Hintsala on kehittänyt käytössään olleelle CNC-koneelle ohjelman, jonka avulla liitoksen työstöt ovat onnistuneet ja liitoksesta on saatu toimiva. Kyse on kuitenkin pienistä kappaleista ja eri CNC -koneesta, kuin mikä Woodpoliksella oli käytettävissä, joten työstöohjelmat oli tehtävä uudestaan oikeaan mittakaavaan ja käytössä olevien koneiden ymmärtämään muotoon.



## 2.2 Tarvittavat työkalut ja testit

Liitokselle oli kehitettävä ja teetettävä mittatilauksena tarkoitukseen sopiva sormiliitosterä. Liitosten geometria oli suunniteltava niin, että se on mahdollista ja tehokasta toteuttaa käytettävissä olevilla koneilla ja tulevaisuudessa juuri liimaristikkotarkoitukseen tehdyllä koneella. Kehitystyöhön ja kattoristikoiden valmistukseen suunnitellun sormiliitosjyrsinterän mittakuva on liitteessä 2.

Lopuksi kehitetty liitos toteutettiin ensin yksinkertaisessa testiristikossa, joka koekuormitettiin puristamalla. Testiristikon puristustestien perusteella toteutettiin kehitetyllä liitostavalla todelliseen kohteeseen, mökki Wälkkeeseen, kaksi kattoristikkoa, jotka myös koekuormitettiin rakenteen kantavuuden varmistamiseksi. Liimaristikoiden kasaus- ja koekuormitusraportti on liitteessä 3.

### 3 Liimasormiliitos sormijatkamisessa

#### 3.1 Puun rakenne ja ominaisuudet

Puun lujuus vaihtelee merkittävästi riippuen siitä, missä suunnassa sitä kuormitetaan suhteessa syysuuntaan. Syiden suunnassa taivutuslujuus on suoraan verrannollinen puun tiheyden kanssa. Virheettömällä tasa-aineisella puulla taivutuslujuus on yhtä suuri kuin vetolujuus.

Syiden suuntainen vetolujuus on puulla yleensä 10 - 20-kertainen verrattuna kohtisuoraan lujuuteen. Vetolujuuteen vaikuttaa myös puun tiheys. Ilmakuivalla puulla puristuslujuus on noin puolet vastaavasta vetolujuudesta.

Leikkauslujuus puulla on vain 10 - 15 % syysuuntaisesta vetolujuudesta. Oksat sekä puussa esiintyvät viat ja halkeamat heikentävät sahatavaran lujuutta merkittävästi. Puun ominaisuuksia voidaan parantaa sormijatkamisella huomattavasti, koska sen avulla voidaan poistaa puusta oksankohtia sekä muita virheitä ja heikkouksia. Sormijatkettu liimapuu on laadultaan selvästi tasalaatuisempaan rakennussahatavaraa, kuin mitä suoraan sahalta saadaan. (Puuinfo n.d.)

#### 3.2 Rakennussahatavaran sormijatkamisen vaatimukset

Rakennussahatavaran valvonta on Suomessa tarkkaa, mikä pätee myös sormijatkettuun sahatavaraan.

*Rakenteelliseen käyttöön tarkoitetun sormijatkettun sahatavaran valmistaminen on luvanvaraista toimintaa ja tällaisessa sahatavarassa tulee olla käytettävän tuotestandardin mukainen sormijatkamisesta kertova leima. (Puuinfo. n.d.)*

Rakennussahatavaran sormijatkamisen tuotesertifiointia Suomessa hoitaa Inspecta. Sormijatkamisen lupa-asioita hoitaa VTT ja Rakennustuotteiden Laatu ry (RTL). Valvonta kattaa sormijatkettua sahatavaraa valmistavan yrityksen tuotantotilojen, laitteisto-

jen, valmistusprosessin ja sisäisen laadunvalvonnan tarkastamisen. Tuotantolaitoksella tulee olla laadunvalvontaorganisaation kanssa valvontaa koskeva laaduntarkastusso-  
pimus. (Inspecta n.d.)

### 3.3 Sormijatkamisen hyödyt

Rakennusteollisuudessa sormijatkamista käytetään rakennussahatavaran jatkamiseen sekä virheettömän sahatavaran valmistamiseen lyhyemmistä kappaleista. Sormijatkamisella puun ominaisuuksia saadaan paranneltua poistamalla siitä oksankohdat ja muut virheet tai heikkoudet. Tuloksena on tasalaatuisempaa sahatavaraa, jonka lujuus on vähintään sama kuin ehjällä puutavaralla.


Sormijatkamisen avulla voidaan tehdä jopa 14-metrisiä yhtenäisiä ja tasalaatuisia puukappaleita. Sormijatkamisella puun ominaisuudet paranevat muodonmuutosten vähentyessä ja lujuusnormit saavutetaan paremmin. Myös raaka-ainehukka minimoituu ja materiaalista saadaan visuaalisesti miellyttävämpää.

### 3.4 Rakennesahatavaran sormijatkaminen

Sormijatkamisessa sahatavara ensin katkaistaan, jonka jälkeen sormet työstetään pysty- tai vaakasuunnassa liikkuvalla jyrsinpäällä. Liima levitetään sormiin ja liitos puristetaan yhteen. Sormijatkoskone suorittaa kaikki työvaiheet automaattisesti.

Sormijatkaminen tapahtuu jyrsinnän ja liimanlevityksen jälkeen, sahatavaramittainen raaka-aine liimataan yhteen puristamalla ja valmis liimattu aihio katkaistaan tarvittavaan määräpituuteen vasta sen jälkeen. Liimauksessa käytetään yleensä polyuretaani-liimaa, joka on 1-komponenttinen läpikuultava liima.

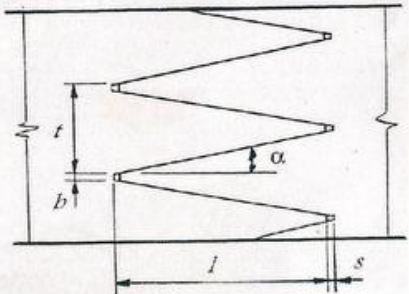
Sormijatkamisessa hieman kartiomaiset sormet puristuvat puristusvaiheessa niin tiukasti toisiinsa kiinni, että jatkettu kappale voidaan heti puristuksen jälkeen siirtää turvallisesti eteenpäin varastoon kuivumaan, eikä liiman kovettumista tarvitse odotella (ks. kuvio 1). Liitos kestää heti kappaleen siirtämisen. Sormijatkettua sahatavaraa on saatavilla sahapintasena, mitallistettuna ja höylättyinä. Sormijatkettua tavaraa on yleisesti saatavissa 14 metrin pituuten asti.



**Woodpolis**  
PULITA OPPIMAAN


## Sormien työstö

- Työstösuunta
  - Vertikaaliliitos eli syrjänsuuntainen liitos
  - Horisontaaliliitos eli lappeensuuntainen liitos
    - Syrjänsuuntainen hieman kestävämpi
- Lujuuteen vaikuttavia tekijöitä
  - Sormen pituus
  - Sormijako
  - Sormen pohjan leveys
  - Liitosvara
  - Puutavaran kosteus
  - Liimavalinta
  - Tuotantotekniikka



$l$  = sormen pituus  
 $t$  = sormijako  
 $s$  = liitosvara  
 $b$  = pohjan leveys  
 $\alpha$  = kylkikulma

Vipuvoimaa  
**EU:lta**

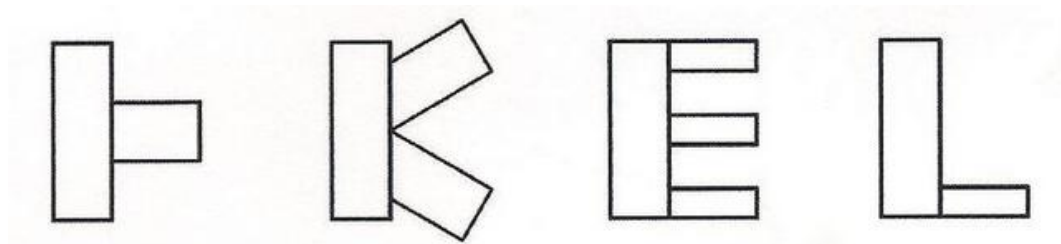


Euroopan unioni  
Euroopan sosiaalirahasto

Kuvio 1. Sormiliitoksen ominaisuudet ja rakenne (Lindroos 2012)

#### 4 Liimaristikkoliitoksen ero sormijatkamiseen

Liimaristikkoliitos on hyvin samantapainen kuin sormijatkoksen liimasormiliitos. Liitoksessa käytetään samoja liimoja, ja valmis liitos itsessään on kestävämpi kuin liimattava puumateriaali itse. Sormijatkamisessa jatketaan kuitenkin aina suoraa tavaraa, joten liimaristikkoliitoksen geometria poikkeaa sormijatkosliitoksesta. Kuviossa 2 on esitetty erilaiset liitokset.



Kuvio 2. T, K, E ja L liitokset (Hintsala 2012, 3)

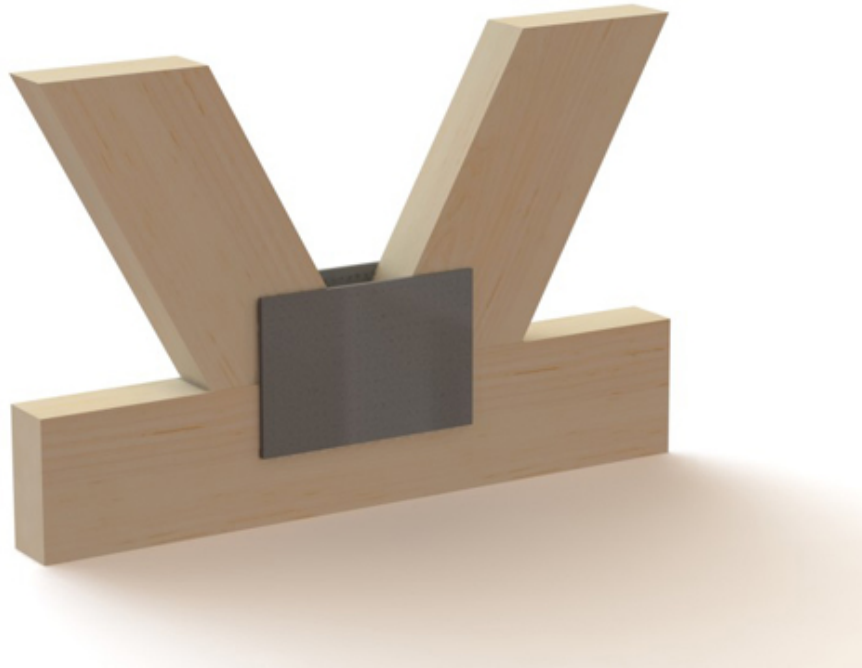
Jotta liitoksesta saadaan mahdollisimman kestävä ja visuaalisesti laadukas, täytyy liitosten sopia täydellisesti toisiinsa, eikä näkyviin saa jäädä työstöjälkiä.

#### 5 Liimaristikkoliitoksen ero naulalevyliitokseen

Liimaristikkoliitoksella voidaan toteuttaa momenttijäykkiä liitoksia. Liitosta voisi ehkä verrata teräsrakenteiden hitsiliitokseen. Liitoksen avulla on siis mahdollista tehdä puisia momenttijäykkiä kehärakenteita, toisin kuin naulalevyliitoksella. Tämä mahdollistaisi aivan uusia rakenteita puurakentamisessa ja tuo lisää kestävyyttä erilaisiin ristikkorakenteisiin.

Koska liitos on yhtä kestävä kuin liitettävä puumateriaali koko liitoksen alueelta, on se myös huomattavasti paloturvallisempi kuin naulalevyliitos. Liitosta itsessään voi palotilanteessa verrata massiivipuuhun tai jopa liimapuuhun. Puu alkaa hiiltä noin 0,8 mm minuutissa syttymisen jälkeen. Palo etenee hitaasti massiivisessa puutavarassa, sillä syntynyt hiilikerros suojaa puuta palotilanteessa ja hidastaa puun sisäosien lämpötilan

nousua ja palon etenemistä. Naulalevyt kuumenevat palotilanteessa hyvin nopeasti, jolloin liitos pettää. Palonkesto ja paloturvallisuus ovat erittäin tärkeitä asioita kaikissa kantavissa rakenteissa. Naulalevyristikot ovat tällä hetkellä yleisin kattorakenne eikä palotilanteessa sammutusmiehistö voi mennä tällaiseen rakennukseen sammutus tai pelastustehtäviin suuren sortumisvaaran vuoksi.



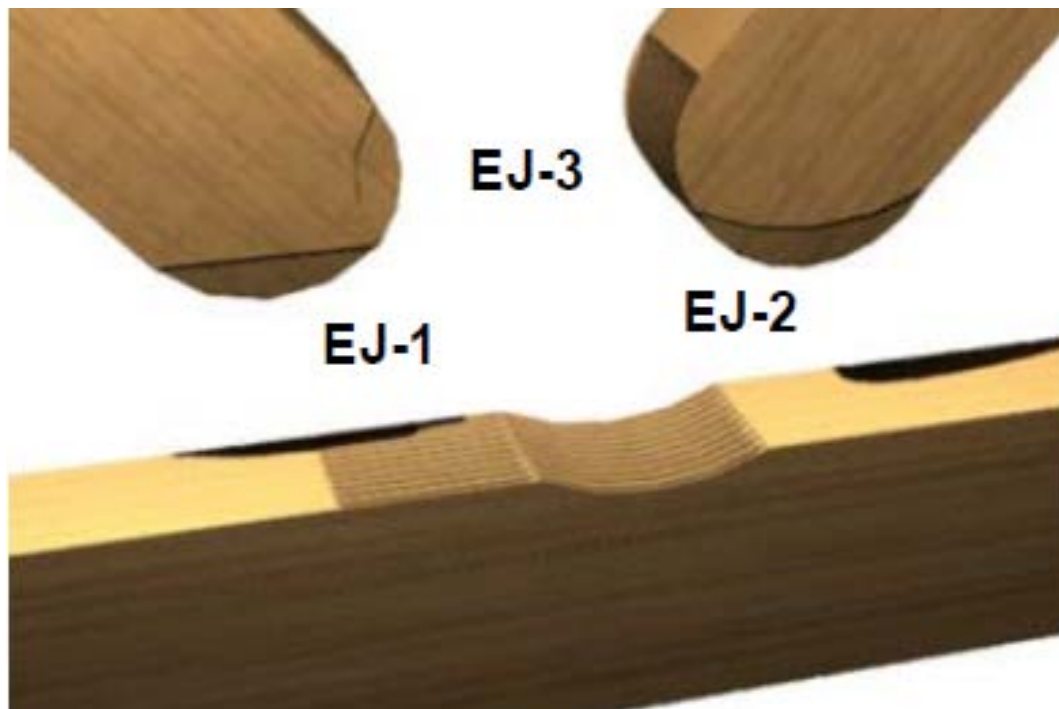
Kuvio 3. Naulalevyliitos (Puuproffa n.d)

Liimaristikkoliitoksessa ei tarvita metallisia osia tai liittimiä, mikä tekee liitoksesta ekologisen. Rakenteissa on vain puuta ja pieni määrä liimaa. Koska liitoksen avulla saadaan kestävämpiä liitoksia ja rakenteita, päästään samoihin kantavuuksiin pienemmillä rakenteilla, mikä vähentää puun kulutusta. Se parantaa rakenteiden ekologisuutta ja kustannustehokkuutta. Myöskään erillisiä metallisia liittimiä, kuten nautoja tai naulalevyjä ei tarvitse ostaa. Liiman kustannus metallisiin liittimiin verrattuna on marginaalinen.

## 6 Liimaristikoiden geometrinen suunnittelu ja mallintaminen

### 6.1 Lähtötietojen ja geometriaa määrittävien tekijöiden selvittäminen

Liitoksen perusajatus ja malli kävivät selväksi Poutasen ja Hintsalan materiaaleista. Alkuperäinen tarkoitus oli tehdä liitos, jossa K-liitoksessa kaikki kappaleet liittyvät toisiinsa sormiliimiliitoksella. Liitosta päädyttiin kuitenkin yksinkertaistamaan teknisen toteutuksen takia.



Kuvio 4. Poutasen suunnittelema K-liitos (Liimaristikko Oy n.d.)

Alkuperäisessä liitoksessa olisi pitänyt työstää osalle kohtaa liitokset sisäkkäin, jolloin sormen sisälle olisi pitänyt jyrsiä tila toiselle sormelle. Työstön mallintaminen ja työstöjen ohjelmointi olisi ollut huomattavasti vaikeampaa ja hitaampaa. Tuotannon kannalta ajateltuna liituskappaleista olisi tullut liian heikkoja eikä liitos todennäköisesti kestäisi luotettavasti ja tehokkaasti kappaleiden liimaamista ja puristamista kasaan.

Yksinkertaisemmassa versiossa diagonaalit liittyvät liimasormiliitoksella vain paarteeseen ja diagonaalit ovat keskenään 10 mm puskussa. Muutos heikentää jonkin verran

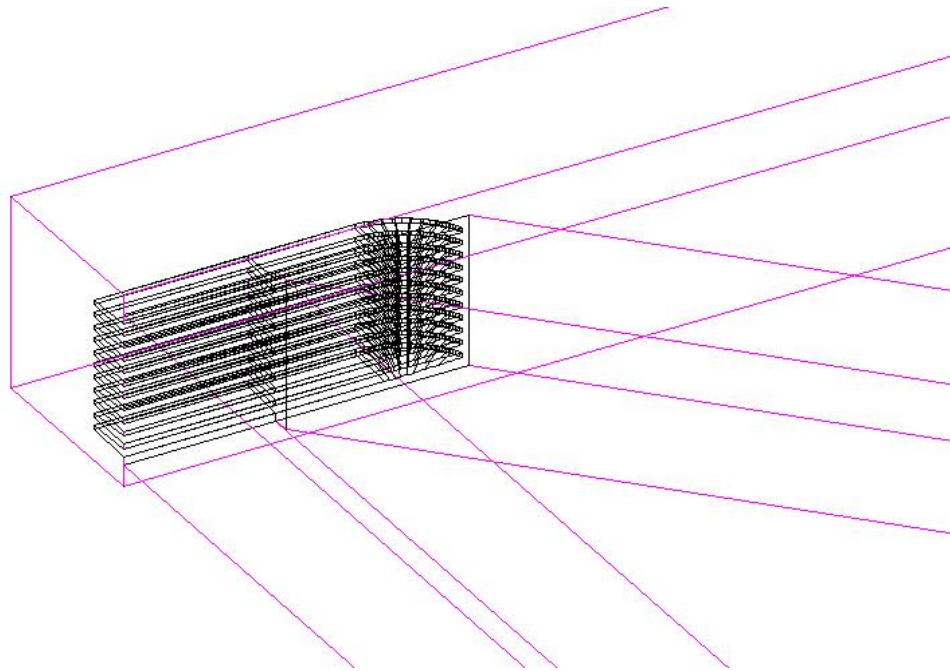
liitoksen vetolujuutta ja sormen pituuden merkitys kasvaa. Diagonaalien vetorasitukset kohdistuvat paarteissa enempää syihin nähden kohtisuorassa eli puun huomattavasti heikommassa suunnassa.



Kuvio 5. Puskussa oleva sormiliitos

Yksinkertaistaminen helpotti huomattavasti liitoksen geometrista suunnittelua ja liitoksen toteutusta. AutoCAD-ohjelmalla piirrettiin 3-ulotteisia kappaleita, joiden avulla liitosta mallinnettiin. Tässä vaiheessa liitoksen mitat olivat vielä mielivaltaisia, koska työhön käytettävää terää ei oltu suunniteltu loppuun. Tarkoitus oli lähinnä hahmotella liitosta ja piirrellä luonnoksia, joiden avulla myös terän suunnittelu olisi helpompaa. 3-ulotteiset mallit auttoivatkin erinomaisesti selventämään liitoksen geometriaa ja terältä vaadittavia ominaisuuksia. Kuviossa 5 on testiristikon kulman liitos sormineen 3-ulotteisena mallinnuksena. Sormet näkyvät kuvassa mustalla.





Kuvio 6. 3D-piirros testiristikon liitoksesta

## 6.2 Sormiliitosjyrsinterän suunnittelu ja tilaus

Oleellisin liitoksen geometrisiin mittoihin vaikuttava tekijä oli työhön käytettävä terä. Liitosta varten suunniteltiin ja tilattiin mittatilauksena R-Woodilta kuviossa 7 näkyvä sormiliitosjyrsinterä. Jyrsimen terät ovat samassa tasossa, eli terä jyrsii kerrallaan vain yhden uran. Sormijyrsinterän mittakuva on liitteessä 2.



Kuvio 7. Sormiliitosjyrsinterä

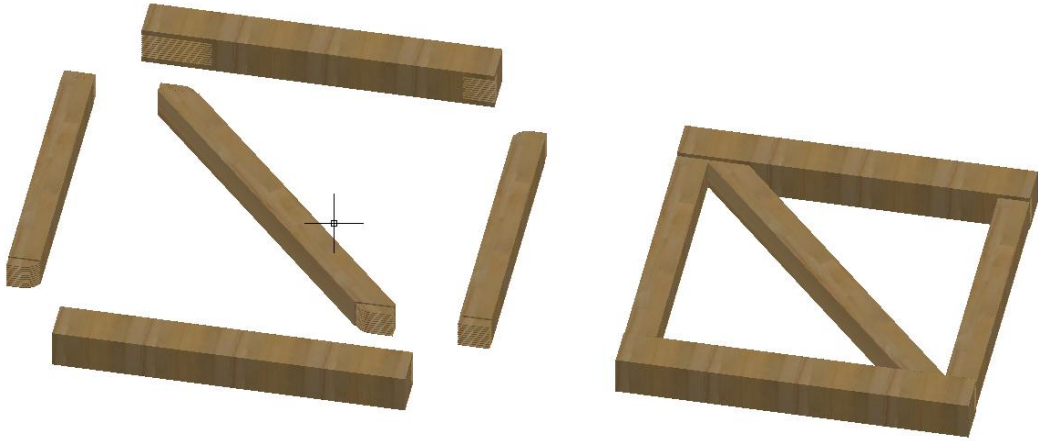
Sormen pituudeksi valittiin 30 mm ja jaoksi 7,5 mm. Sormen pään leveydeksi tarvittiin vähintään  $\frac{1}{2}$  sormen tyven leveydestä, koska muuten urosliitokseen vaadittavia ohennuksia ei olisi saatu tehtyä kahdella työstöajolla, vaan ne olisivat vaatineet yhden työstön lisää. Näin ollen sormen pään leveydeksi muodostui 2,5 mm ja sormen tyveksi 5,0 mm.

### 6.3 Liitoksen geometrian suunnittelu

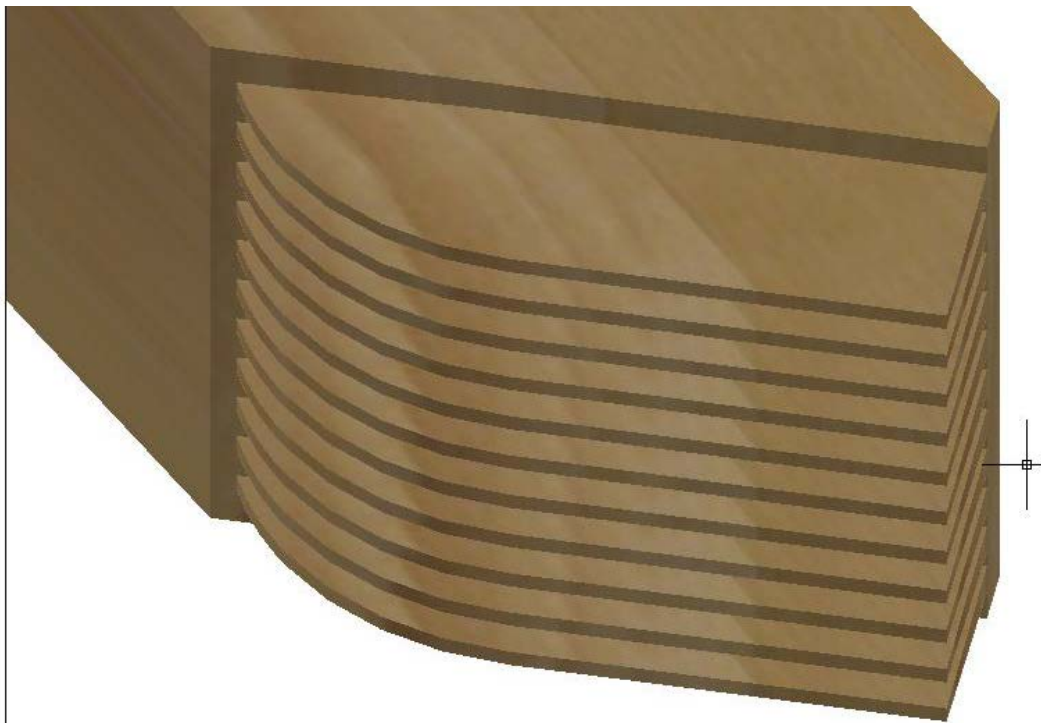
Kun sormien pituus ja jako oli terän puolesta määritelty, oli suunniteltava liitosten urosliitosten uloimpien sormien pohjien eli liitoksen olkapäiden leveydet ja muodot. Urosliitoksessa tehtiin sormien väleistä 1 mm syvemmät kuin liitoksen reunoille jäävät olkapäät, eli olkapään vierestä sormi on vain 29 mm pitkä. Näin olkapäät painuvat liitoksessa kiinni asti, jotta liitokseen ei jää näkyviä rakoja. Sormien pohjalle jää 1 mm:n rako, jotta liima pääsee ulos sormiliimaliitoksen vaatimalla tavalla, eikä aiheuta rakenteeseen sisäisiä jännityksiä tai muita rakennetta heikentäviä vaikutuksia.

Liitoksen kaikki määrittävät tekijät olivat selvillä: sormen pituus 30 mm, sormien jako 7,5 mm ja työkalun halkaisija 100,0 mm. Näillä määrittäyksillä päästiin aloittamaan AutoCAD-ohjelman avulla liitoksen 3-ulotteisen mallin piirtäminen. Työkalun halkaisija 100,0 mm määrittä myös liitoksen kaaren vähimmäishalkaisijaksi 100,0 mm.

Poutasen esityksen mukainen ulkomitoiltaan 1 m x 1 m kokoinen testiristikon mallinnettiin AutoCAD-ohjelmalla ensin 2-ulotteisena viivapiirtona ja sen jälkeen ristikosta tehtiin täydellinen 3-ulotteinen malli. Tässä mallissa liitosta ja sen geometriaa oli helppo tarkastella. Rakenne ja liitos alkoivat näyttää hyvältä suunnittelun ja geometrian osalta.



Kuvio 8. Testiristikon 3D-malli



Kuvio 9. Testiristikon diagonaalinen urosliitos

## 7 Liimaristikoiden mallinnuksen muuntaminen CNC-koneelle

### 7.1 CNC -koneen valitseminen

Vaikka Hintsala oli tehnyt ohjelman liitoksen työstöistä CNC- koneelle jo aikaisemmin, oli ohjelmat tehtävä täysin uudelleen, sillä projektissa oli käytettävissä erilaiset CNC-koneet.

Woodpoliksen molemmat CNC-koneet ovat makropohjaisia, joka tarkoittaa sitä, että ne valitsevat valmiista makroistaan sopivat työstöt suunnitellulle kappaleelle. Aluksi käytettäväksi koneeksi valittiin Hundeggerin palkki-CNC-koneen, koska siinä on hyvä työstettävän kappaleen syöttö ja kaikki tarvittavat työkalut saa kerralla kiinni koneen linjastolle (ks. kuvio 10). Kappaleiden työstö olisi siis nopeaa ja tarkkaa.



Kuvio 10. Hundeggerin palkki-CNC-kone työstää suoraa urosliitosta

Hundeggerin käytöstä jouduttiin kuitenkin luopumaan, koska sillä ei pystytty ohjaamaan työstöjä tekemään jyrsimen akselinsuuntaista liikettä sormiliitosterällä. Liike on välttämätön urosliitoksen sormien ohennuksen osalta.

Oli siirryttävä Uniteamin pöytä-CNC-koneen käyttöön (ks. kuvio 11). Koneessa on monipuolisempi ohjelmitavuus Uniteamin oman TpaEdi32-ohjelman puolesta ja tehokkaampi moottori kuin Hundeggerissa. Huonoina puolina Uniteamin koneessa on kappaleen manuaalinen kiinnitys ja verrattain hidas käytettävän työkalun vaihto. Uniteam on myös suunniteltu huomattavasti suuremmille kappaleille kuin kattoristikoihin työstettävät kappaleet, mikä näkyi ongelmina työstettävien kappaleiden kiinnityksessä.



Kuvio 11: Uniteamin pöytä-CNC-kone.

## 7.2 Työstöohjelman luominen

### 7.2.1 Työstöjen suunnittelu ja mallintaminen

Kappaleisiin suunniteltiin tehtäväksi ensin vaaditut muodot 40 mm:n sormijrsinterällä ja sen jälkeen sormiliitosjrsinterällä olkapäät ja sormet. Naarasliitos on varsin yksinkertainen rivi uria, jotka terä jysii puuhun. Urosliitoksen työstöjen ohjelmoiminen oli vaativaa, koska siinä sormia piti ohentaa reunoja kohti kaaren osalta. Uniteamin TpaEdi32-ohjelmalla pystyttiin kuitenkin muokkaamaan AutoCAD-ohjelmalla piirrettyjen työstöjen radat tarkasti juuri halutulla tavalla myös Z-akselin suunnassa, jolloin ohentaminen onnistui vaaditulla tavalla.

Myöskään Uniteam ei ymmärtänyt suoraan AutoCAD-ohjelmalla mallinnettua 3-ulotteista kappaletta oikein, vaikka sitä yritettiin monella eri tavalla piirtää ja käskyttää HsbCadilla, joka on puurakentamiseen kehitetty lisäosa AutoCAD-ohjelmalle. Työstöradat pystyttiin kuitenkin piirtämään xy-koordinaatistossa 2-ulotteisena viivapiirtona AutoCAD-ohjelmalla, josta tiedosto oli tallennettava .dxf -muotoon. Dxf.-tiedostomuoto on CNC-koneiden yleisesti ymmärtämä tiedostomuoto. Työkalut kulkevat määritettyjä viivoja pitkin keskitetysti. Viivat on siirretty offset-komennolla käytetävän työkalun säteen verran halutun työstöpinnan ulkopuolelle. Käytössä olleen sormijyrsimen halkaisija oli 40 mm ja sormiliitosjyrsinterän 100 mm.



Kuvio 12. 2-ulotteinen viivapiirto yhdestä kattoristikon diagonalista AutoCAD-ohjelmalla.

### 7.2.2 Työstöohjelman luominen TpaEdi32-ohjelmalla

Dxf.-tiedosto oli avattava Uniteamin TpaEdi32-ohjelmalla, jossa työstöradat olivat muokattavissa xyz-koordinaatistossa ja edelleen tallennettavissa Uniteamin CNC-koneen ymmärtämään muotoon. Tpa32Edi-ohjelma näyttää kappaleen ja sen työstöt graafisesti 3-ulotteisena kuvana, mutta työstöjen ohjaaminen tapahtuu koordinaattien avulla numeerisesti. Ohjelma tukee kopioimista ja liittämistä, joten ohjelmalla tarvitsi käskyttää vain yksi sormen työstörata, jonka jälkeen sitä pystyi kopioimaan jatkuvana työstöratana tarvittava määrä kerroksittain ylös- tai alaspäin. Varsinaisessa tuotannossa liitos on tarkoitus jyrsiä sormijatkamisen tapaan yhdellä työstöllä ja siihen suunnitellulla moniosaisella jyrsinterällä.

Uniteamin ohjaukoodissa täytyy ensin määritellä pisteet "punto di allimento" eli kalibrointipisteet, joiden mukaan CNC-kone määrittää työstettävän aihion paikan työstöpöydällä. Pisteitä on oltava vähintään kaksi kappaletta ja pisteiksi valittiin aihion alareunassa olevat nurkat.

Seuraavaksi oli määritettävä sormijyrsinterän työstöt, jotka tekevät kappaleeseen vaaditut muodot ja katkaisut. Pidemmällä kappaleilla sormijyrsinnät pystyi tekemään kahdella jyrsinnällä 60 mm syvinä kerrallaan, mutta lyhyemmällä kappaleilla työstöt oli jaettava niin, että jyrsin työsti puusta kerrallaan vain 20 mm syvyydeltä. Tämä johtui siitä, että lyhyempien kappaleiden kiinnityksessä kaksi puristinta joutuivat olemaan lähellä toisiaan ja kappale pääsi pyörähtämään helposti.

Viimeisiin työstöihin määritettiin kone vaihtamaan sormiliitosjyrsinterään, jolle oli AutoCAD-ohjelmassa piirretty molempiin päihin kaksi ajorataa, jotka molemmat muodostuivat kolmesta eri tasolle eli layerille piirretyistä viivoista. Viivat täytyi piirtää eri tasoille, jotta TpaEdi32 ohjelma ei yhdistänyt niitä yhdeksi viivaksi eli yhdeksi käskyksi xy-koordinaatein. Eri viivoja tarvittiin urosliitoksen sormien ohentamiseen. Ensimmäisen viivan matkalta sormiliitosjyrsin kulkee viivan määrittämällä radalla xyz-koordinaatistossa z-arvon muuttumatta. Keskimmäisen viivan matkalla z-arvo muuttuu 1,2 mm ohentaen sormea. Viimeisen viivan matkalla z-arvo pysyy taas muuttumattomana, tämän jälkeen terä palaa samaa rataa takaisin, mutta keskimmäisen viivan kohdalla z-arvo muuttuu 1,2 mm vastakkaiseen suuntaan, kuin ensimmäisellä kerralla. Näin ajorata ohentaa sormen molemmat puolet. Palattuaan alkupisteeseen jyrsin laskee seuraavan sormen vaatimaan korkeuteen z-akselilla. "Relative"-komennolla tehtyä käskyrataa pystyi kopioimaan tästä eteenpäin jatkuvaksi työstöradaksi kappaleen läpi asti.

Ennen varsinaisten sormien jyrsimistä määritin olkapäiden työstöt. Ajorata oli muuten sama kuin sormilla, mutta kulki 1 mm kauempana kappaleesta, jättäen olkapäät 1 mm korkeammiksi kuin sormien pohjat.

## 8 Koekappaleiden työstöt ja testikappaleiden valmistaminen

### 8.1 Käytettävän CNC-koneen valitseminen

Hundeggerin palkki CNC -kone voisi olla erittäin nopea ja tehokas kappaleiden tuotantoon, mutta se vaatisi erillisen makron tai muun tarvitun työstöliikkeen mahdollistavan ohjelman teettämistä koneelle. Tähän ei projektin aikataulun puolesta ollut mahdollisuutta, joten täytyi siirtyä Uniteamin pöytä CNC-koneen käyttöön jo projektin alkuvaiheessa.

Äänekoskella sijaitsevan R-Woodin kanssa oli alustavaa suunnittelua varsinaiseen tuotantoon soveltuvasta työstökeskuksesta ja työstöihin tarvittavista teristä. Työstökeskuksen osalta haastavaksi osoittautui urosliitoksen jyrksinnässä vaadittu jyrsimen akselin suuntainen liike, jolla urosliitos saadaan ohennettua niin, että se sopii naarasliitokseen.

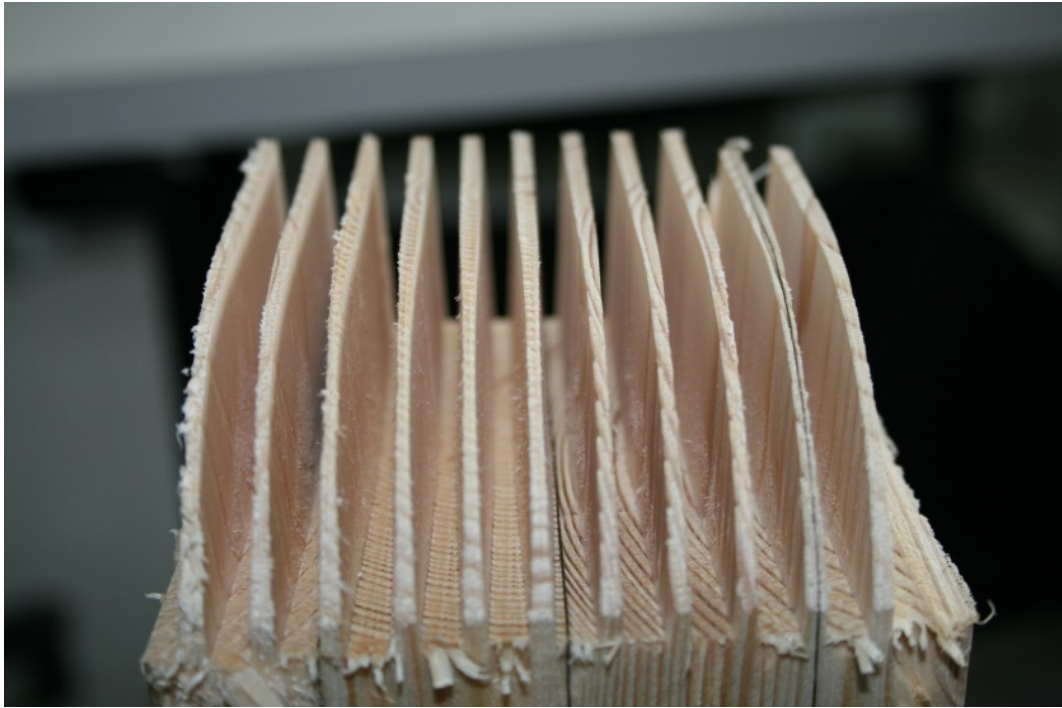
Tässä vaiheessa oli kuitenkin tärkeintä kehittää liitos, jolla voitaisiin rakentaa ensimmäiset oikeat kantavat kattoristikot ja joka voitaisiin myöhemmin toteuttaa tehokkaasti teollisessa tuotannossa.

### 8.2 Testiristikon valmistus ja testaus

#### 8.2.1 Testiristikon valmistus

Testiristikon kappaleet onnistuivat hyvin ja tilattu terä toimi moitteetta, vaikka sen kestävyys ja kestävyys oli alun perin huolestuttanut. Myös sormien ohennuksessa vaaditut pienet akselin suuntaiset liikkeet työstön aikana onnistuivat työstökoneen puolesta ongelmitta. Sormien ohennukset liitoksen kaarevalla osalla näkyvät hyvin kuviossa 13.





Kuvio 13. Testiristikon urosliitos

Testiristikko liimattiin kasaan Kiilto Oy:n KESTOPUR 1030 1-komponenttisella polyuretaaniliimalla, joka on testattu ja hyväksytty käytettäväksi rakennepuuliimauksissa. Liiman esite löytyy liitteestä 4. Puristimme liitokset kiinni hydraulisen puristimen avulla. Puristimen sylinterien halkaisija oli 55 mm ja niitä oli 2 kappaletta. Ristikko asetettiin puristimen keskelle, jotta molemmat sylinterit puristaisivat yhtäsuurella voimalla. Liitokset painuivat pohjaan noin 100 bar:in paineella. Koska 1 bar on 0,1 Newtonia per  $\text{mm}^2$ , laskettiin puristusvoimaksi 47,5 kN.

Kahden sylinterin pinta-ala:

$$2 \times \pi \times r^2$$

$$2 \times \pi \times (27,5\text{mm})^2 \times 2$$

$$= 4749,25 \text{ mm}^2$$

Sylinterien puristusvoima 100bar:in paineella:

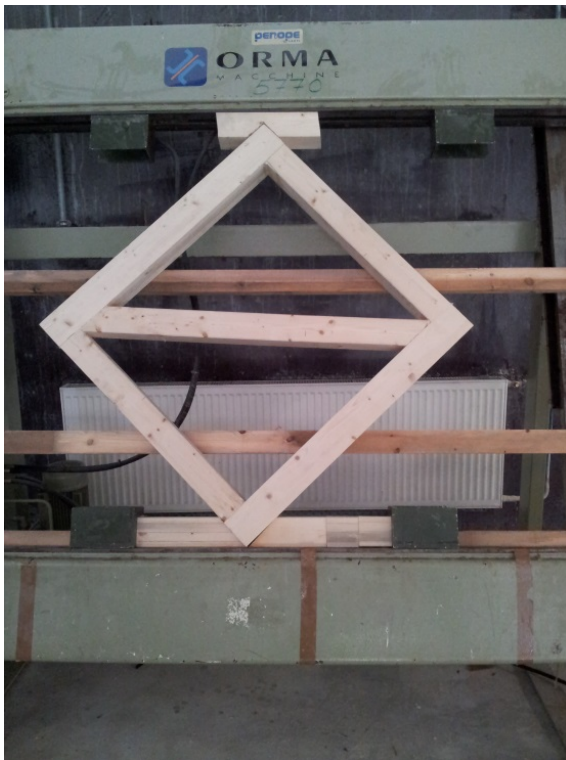
$$A \times 100 \text{ bar}$$

$$1\text{bar} = 0,1 \text{ N/mm}^2$$

$$4749,25 \text{ mm}^2 \times 100 \times 0,1 \text{ N/mm}^2 = 47\,492,5 \text{ N}$$

## 8.2.2 Testiristikon kuormituskoe

Testiristikon puristuskoe suoritettiin seuraavana päivänä kuvion 11 mukaisesti kulmitain. Puristimen maksimipaine sylintereille oli 160 bar eli saman yllä olevan kaavan avulla laskettuna 75 988N eli noin 76 kN. Se ei kuitenkaan riittänyt rikkomaan testiristikkoa, vaikka siitä erinäisiä ääniä kuuluikin ja oletettavasti rakenteessa syntyi jonkinlaisia vaurioita.



Kuvio 14: Testiristikon puristuskoe

Poutanen vei testiristikon testattavaksi muualle, jotta se saataisiin puristettua niin, että se murtuisi. Ristikko oli saatu rikki 50 kN voimalla, joten joko puristusvoiman laskelmat tai lähtötiedot olivat virheelliset tai ristikko oli ensimmäisissä puristuksissa heikentynyt merkittävästi. Todennäköisesti molemmilla seikoilla oli vaikutusta asiaan. Ristikon murtumistapa osoitti kuitenkin itse liitoksen kestävämmäksi kuin ristikon materiaalina käytetty puutavara. Liitos voitiin siis todeta toimivaksi ja momenttia kestäväksi ainakin tässä kyseisessä ristikossa. Jotta jokaista toteutettua liitosta ei tarvitsisi erikseen kuormittaa ja testata, tarvittaisiin useita onnistuneita testejä, jotta voitaisiin olettaa liitoksen olevan aina laadukas ja satunnaiset testit riittäisivät laadunvarmistukseen.

## 9 Wälkkeen ristikoiden valmistus

### 9.1 Ristikoiden osien työstäminen

Wälkkeen ristikoiden valmistus onnistui ohjelman puolesta ilman suuria ongelmia, sillä työstöt eivät lopulta eronneet juurikaan testiristikon työstöistä. Työstettävät kappaleet olivat kuitenkin erikokoisia ja niitä oli huomattavasti useampia. Työtä hidastivat muutokset, joita ristikon osalta vielä tässäkin vaiheessa tuli vastaan. Ristikon alapaarteet oli päätetty aikaisemmin tehdä CLT-levystä samoin kuin testiristikossa, mutta kohteen rakennusvalvonta ei hyväksynyt liittorakennetta ilman VTT:n lausuntoa. Ristikot oli siis tehtävä tavallisesta liimapuusta, ja varmuuden vuoksi ristikon osien poikkipinta-aloja kasvatettiin. Kuvat oli piirrettävä uusiksi, jotta työstöjen kimppuun päästiin. Wälkkeen ristikoiden arkkitehtikuvat ovat liitteessä 5.

Kun kuvat olivat AutoCAD-ohjelman osalta valmiit, oli työstöjen ohjelmointi hyvin samankaltaista kuin testiristikon osalta. Erittäin aikaa vievää ja pikkutarkkaa, sillä yksikin virhe voisi hyvin työstöissä tuhota käytettävän sormiliitosjyrsinterän eikä aikataulu mahdollistanut uuden terän teettämistä.

Varsinaisten työstöjen osalta haastavinta oli saada pienet kappaleet, joista pienin aihio oli vain 170 mm, kiinni CNC-koneen työstettäväksi. Isoin kappale onnistuttiin tekemään pienentämällä sormijyrsimen jyrsinsyvyyttä sen tehdessä kappaleiden muotoja ja pienin kappale (ks. kuvio 15) jouduttiin ruuvaamaan suurempaan puukappaleeseen, joka saatiin kiinnitettyä työstettäväksi.



Kuvio 15. Pienin työstetty ristikon osa

## 9.2 Ristikoiden kasaus ja kuormituskokeet

Projektin lopuksi ristikot kasattiin ja niille suoritettiin kuormituskokeet. Wälkkeen kattoristikot olivat moninkertaisesti suuremmat kuin aikaisemmin kasattu testiristikko, eikä niitä voitu puristaa kasaan aikaisemmin käyttämällämme puristimella.

Wälkkeen ristikoita varten oli rakennettava oma kasaus- ja puristuspöytä (ks. kuvio 17). Puristuksessa vaadittavat voimat olivat erittäin suuria, koska koko ristikko kaikkine liitoksineen oli puristettava kerralla tasaisesti kasaan. Puristuspöydän oli siis oltava tarpeeksi vahvarakenteinen, ettei se pettäisi puristusvaiheessa. Liiman levityksen jälkeen oli vain yksi yritys ja hetki aikaa saada ristikko puristettua kasaan, joten osien yhteensopivuus oli tarkistettava testikasauksella ilman liimaa (ks. kuvio 16).



Kuvio 16. Osien sovitusta



Kuvio 17. Lattialle rakennettu kasaus ja -puristuspyötä

Ristikoiden kasaus onnistui hyvän valmistelun avulla hyvin ja liitoksista tuli visuaalisesti näyttäviä. Oli kuitenkin yllättävää kuinka paljon voimaa jokainen liitos tarvitsi puristukseen kunnolla pohjaan saakka. Ensimmäisestä ristikon puristamisesta opittiin se, että työtä nopeuttaa ja sitä kautta auttaa huomattavasti, kun liitokset sovittaa ja merkitsee tarkkaan kohdilleen ennen varsinaista liimausta. Liitokset kyllä hakeutuivat puristuksessa paikoilleen kaarevan ja kiilamaisen rakenteensa ansiosta, mutta lopputulos oli sitä parempi, mitä sujuvammin puristusvaihe sujui.



Kuvio 18. K-liitos valmiissa ristikossa

Kuormituskokeista on laadittu erillinen raportti, joka on liitteenä 5. Raportin perusteella ristikot hyväksyttiin primääreiksi kantaviksi rakenteiksi rakennusvalvonnan puolesta. TM Rakennusmaailman julkaisu ristikoista liitteessä 6.



Kuvio 19 Ristikko odottaa kuormitusta

## 10 Yhteenveto ja tulosten arviointi

Projektin tavoitteena oli kehittää liimaristikkoliitos teolliseen tuotantoon ja toteuttaa sillä todelliseen Wälkkeen rakennuskohteeseen massiivipuiset liimaristikot elokuun 2012 loppuun mennessä. Ristikot onnistuivat lopulta hyvin ja liitoksesta tuli kestävä. Ristikot hyväksyttiin käyttöön kantavina rakenteina todelliseen kohteeseen, joten siltä osin projekti onnistui hyvin ja tavoitteet saavutettiin.

Teollisen tuotannon osalta liitokseen ja sen työstämiseen jäi vielä paljon kehitettävää. Tekemillämme työstöohjelmilla ja työkaluilla työstöjen ohjelmointi ja itse työstäminen on hidasta ja ristikoita ei näin ollen ole vielä taloudellisesti tehokasta tuottaa. Tärkeintä kuitenkin oli saada toteutettua toimiva prototyyppi ja osoittaa liitoksen toimivuus kantavissa rakenteissa. Tuotannon puolesta isoimmat ongelmat ovat selvillä ja niitä on helppo kehittää. Ohjelman puolesta tarvitaan toimivat makrot, jolloin liitoksen geometria ja työstöt tehdään automatisoidusti tietokoneella. Työstöistä saadaan huomattavasti nopeammat, kun käyttöön otetaan terä, joka tekee usean uran kerralla tai mielellään koko liitoksen, samoin kuin normaalissa puun sormijatkamisessa.

Seuraavana kehitysvaiheena olisi hyvä suunnitella vakioitu ristikko, esimerkiksi välipohjaristikko, jota voitaisiin alkaa sarjatuottamaan. Tällainen tuote olisi tehokasta suunnitella ja toteuttaa, koska kaikki tyyöaiheet ovat aina samat ja ne voitaisiin kasata samalla puristuspyydällä ilman muutoksia. Useita samanlaisia ristikoita tehdessä niille olisi kannattavaa suorittaa riittävä määrä testauksia ja sitä kautta määrittää tekniset ominaisuudet kuten lujuudet ja hyväksyttävät jännevälit.



## Lähteet

Hintsala, M. 2012. Sormiliitoksen työstömenetelmän kehittäminen. Opinnäytetyö. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu, Puutekniikan koulutusohjelma. Viitattu 7.5.2014. <http://www.theseus.fi/handle/10024/38933>.

Inspecta. N.d. Tuotesertifiointi Rakennesahatavara, sormijatkaminen. Viitattu 7.5.2014. [http://www.inspecta.com/Documents/Finland/Ohjeet/tr20rakennesahatavarasormijat\\_kaminen.pdf](http://www.inspecta.com/Documents/Finland/Ohjeet/tr20rakennesahatavarasormijat_kaminen.pdf).

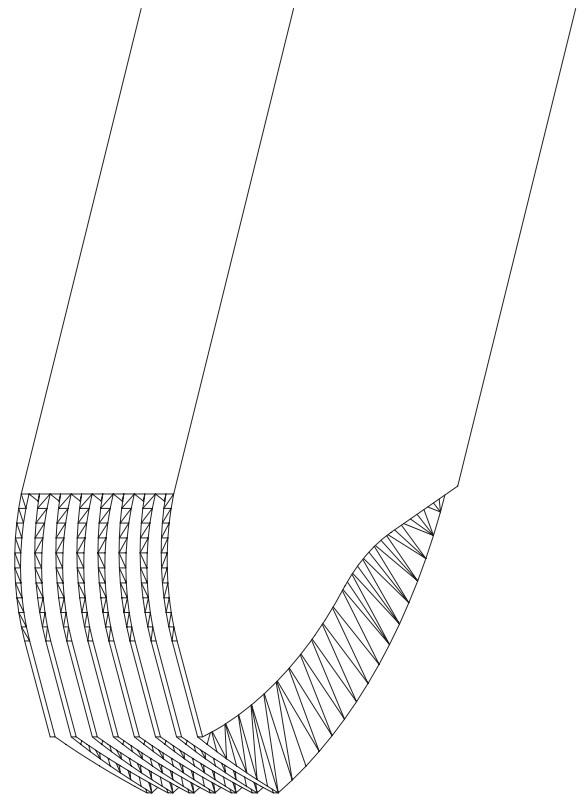
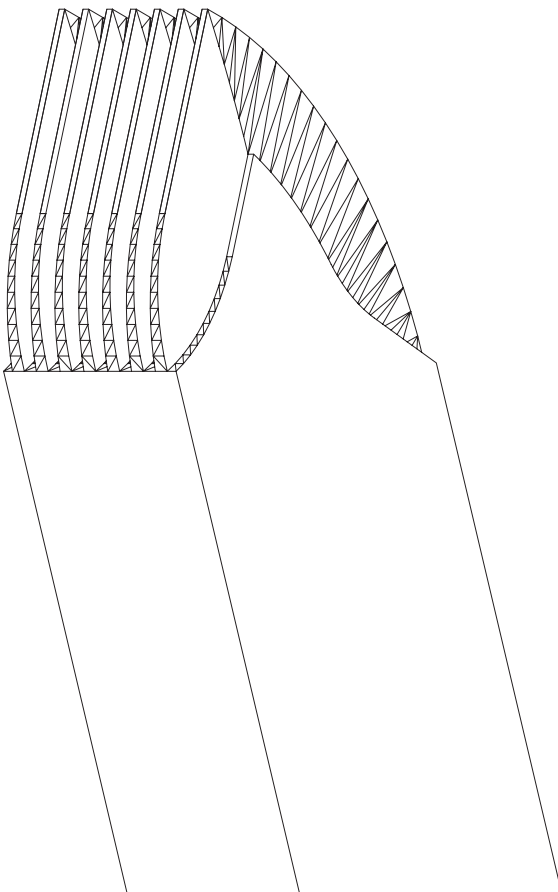
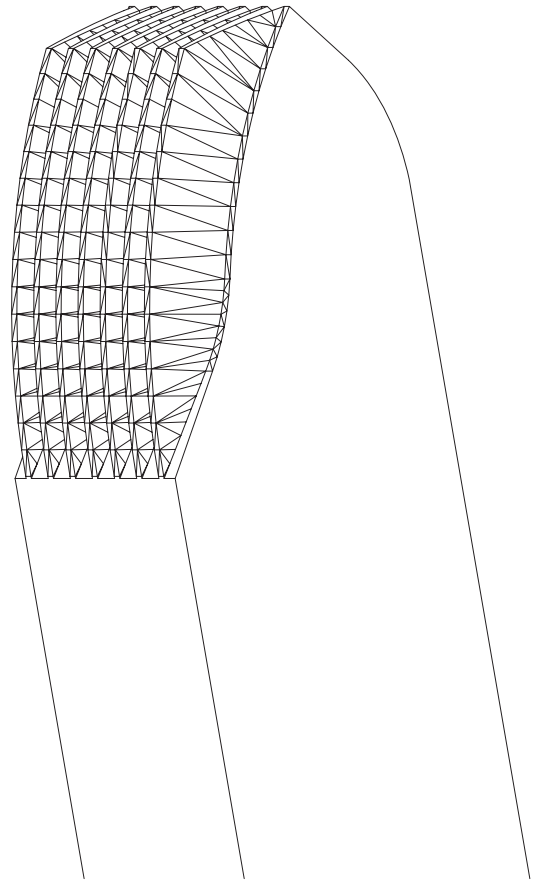
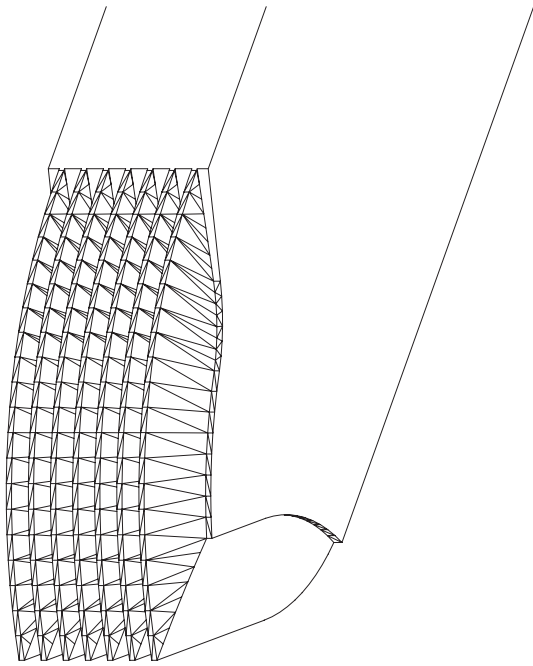
Liimaristikko Oy. N.d. Kulmasormiliitos. Viitattu 7.5.2014. <http://www.liimaristikko.fi/kuvat/liimattu-puun-sormiliitos.pdf>

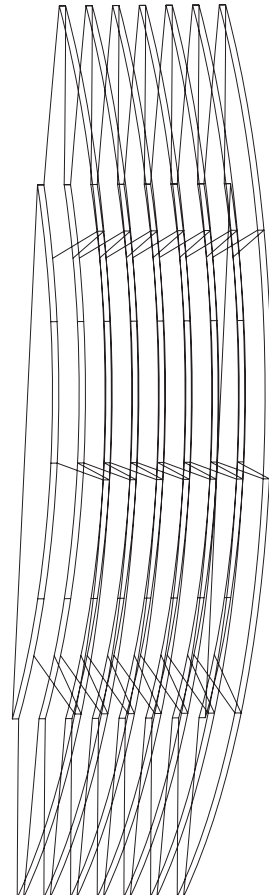
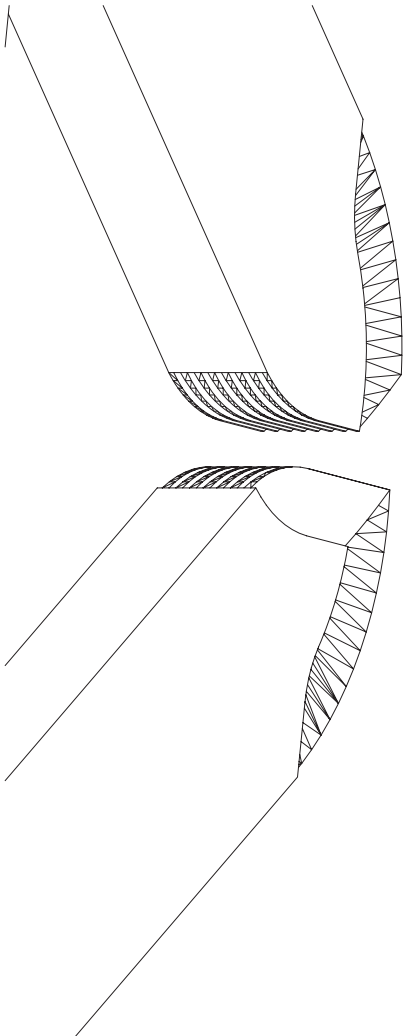
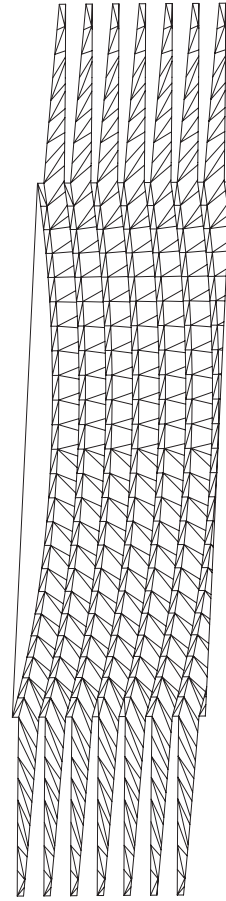
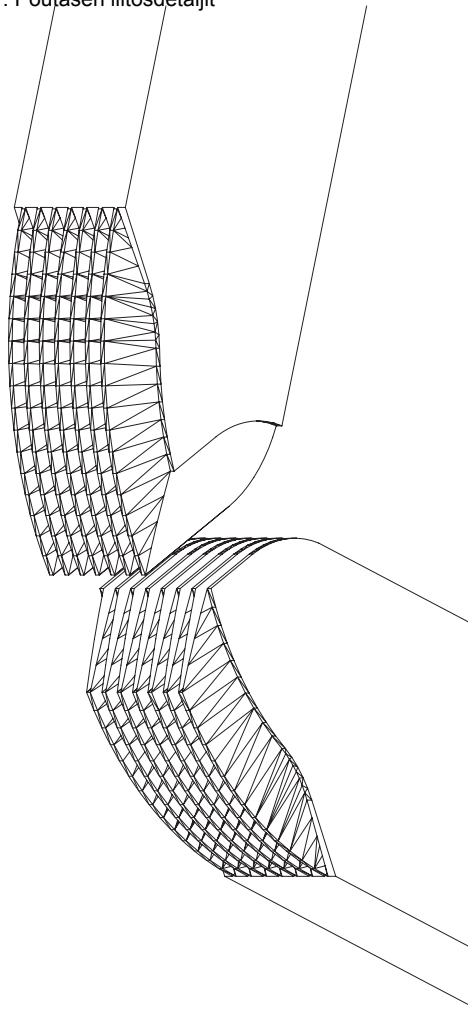
Lindroos, M. 2012. Puuta oppimaan koulutus. 27.7.2012. Woodpolis, Kuhmo.

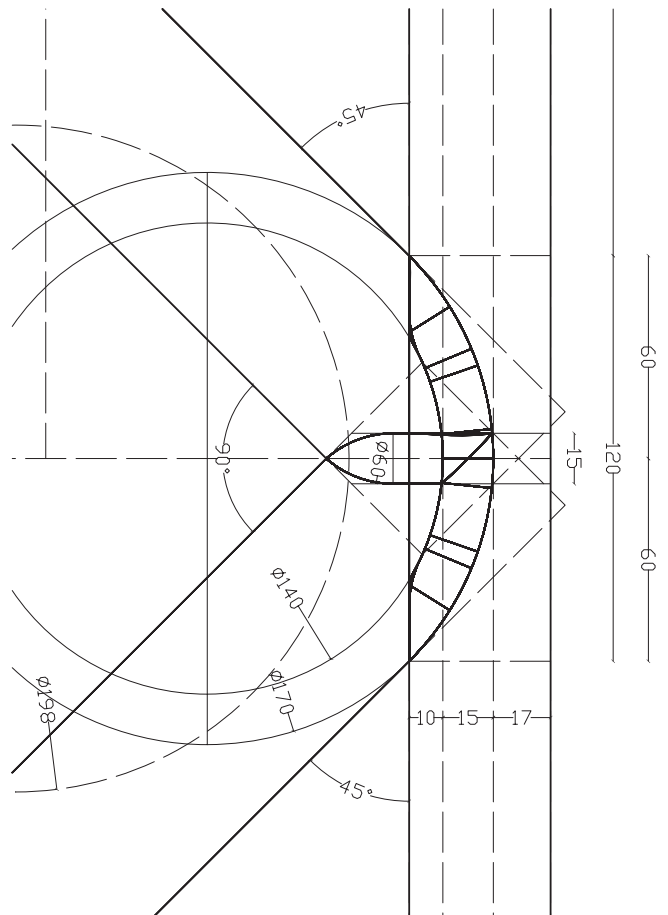
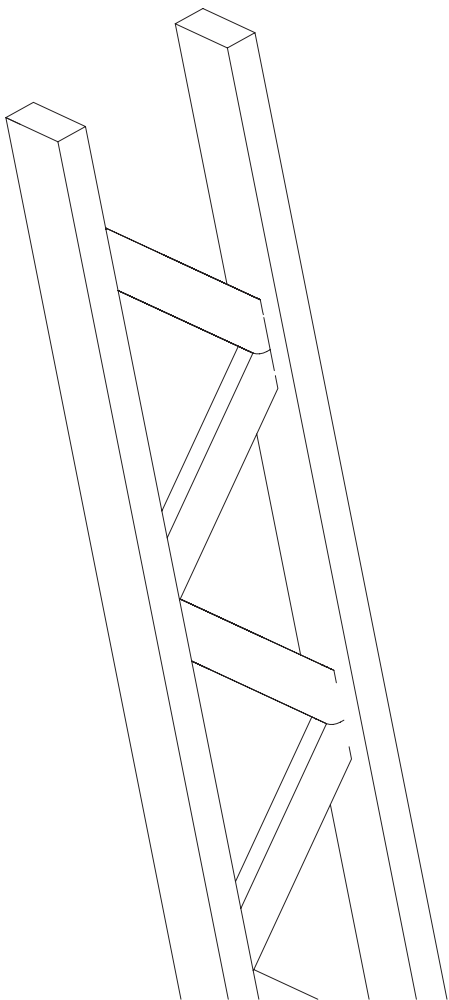
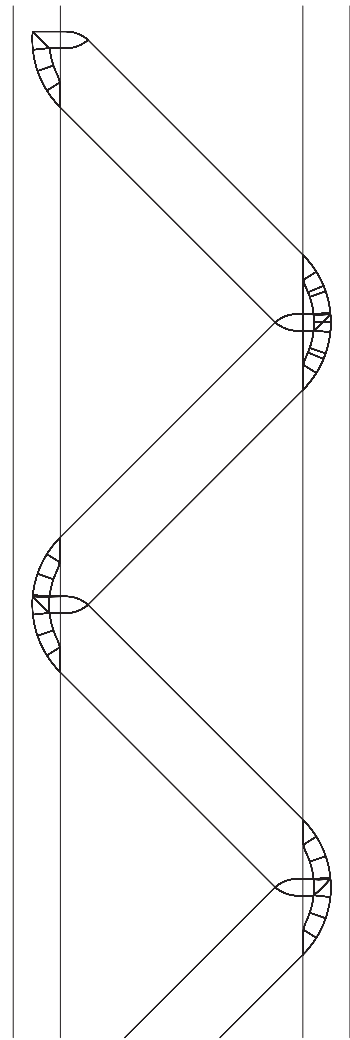
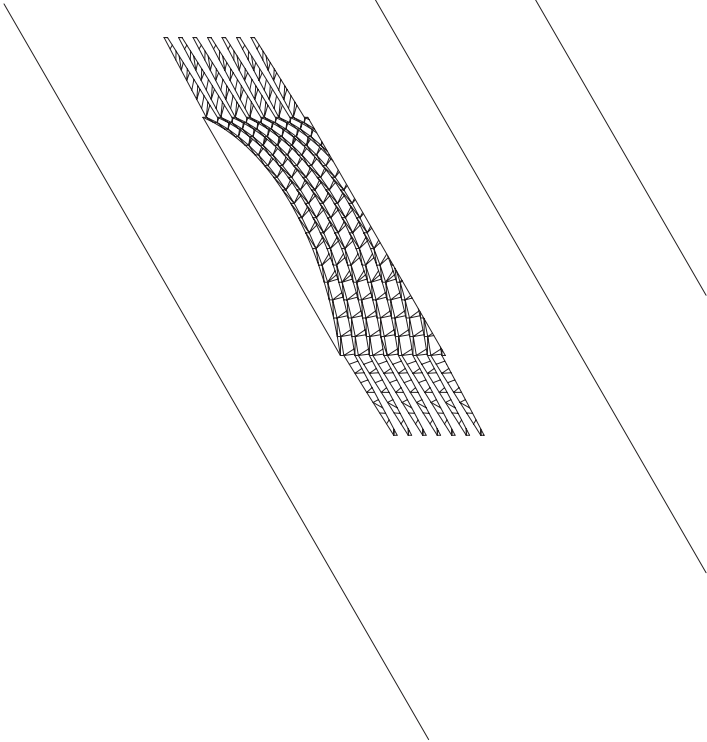
Poutanen, T. 2012. Tekn.tri Tuomo Poutanen liimaristikkoliitoksen kehittäjä ja patentoija. Liimaristikko Finland Oy. Haastattelut 2012.

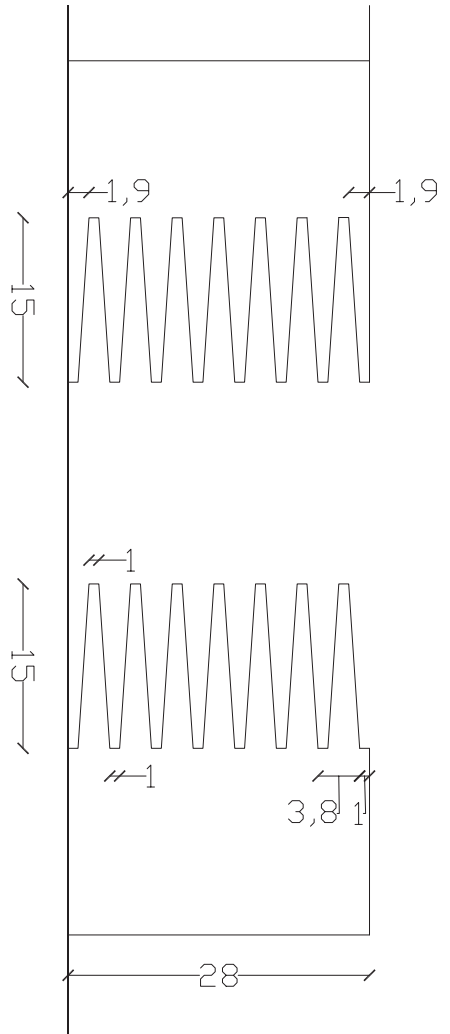
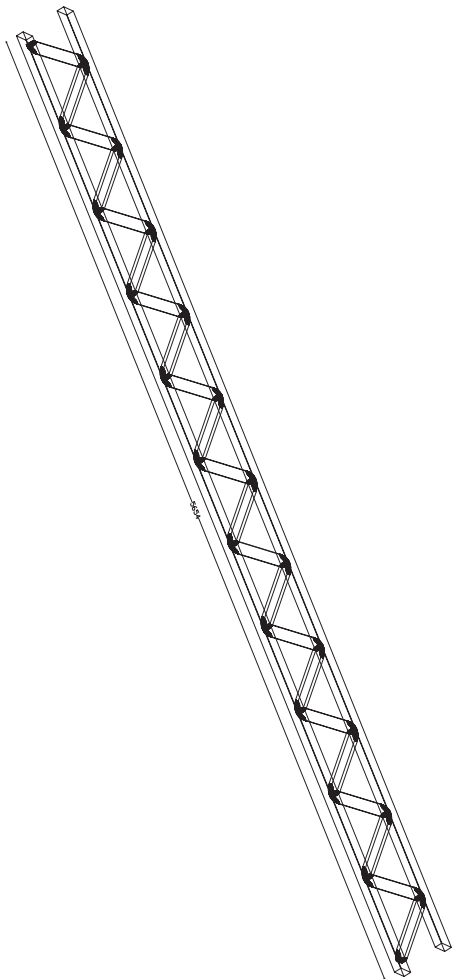
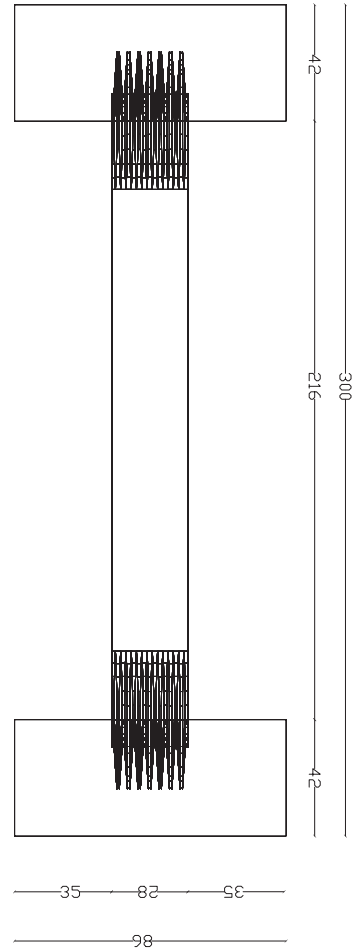
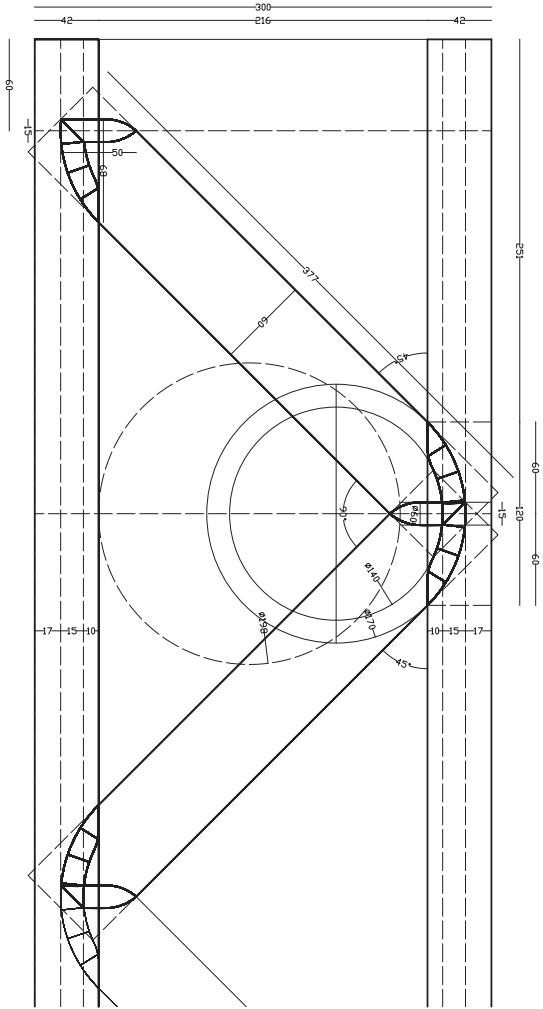
Puuinfo. N.d. Sormijatkettu sahatavara. Viitattu 7.5.2014. <http://www.puuinfo.fi/puu-materiaalina/rakennesahatavara>.

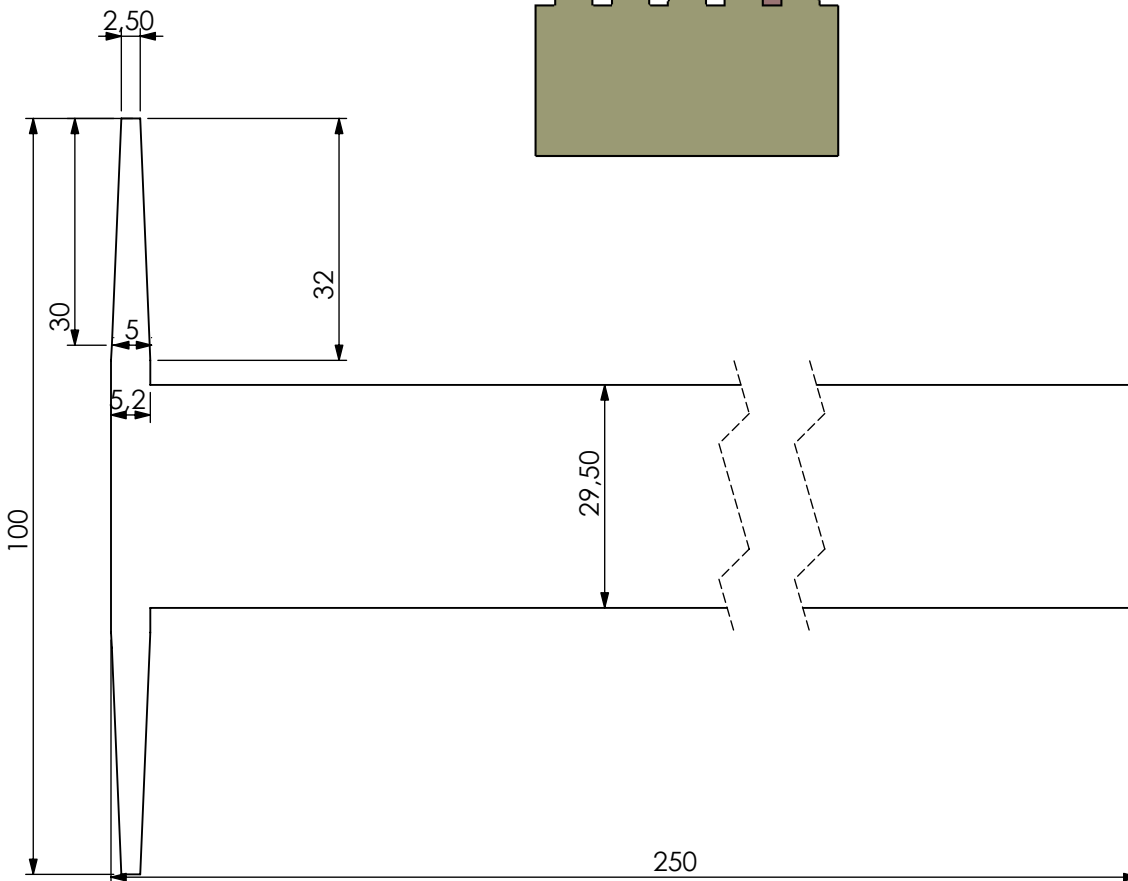
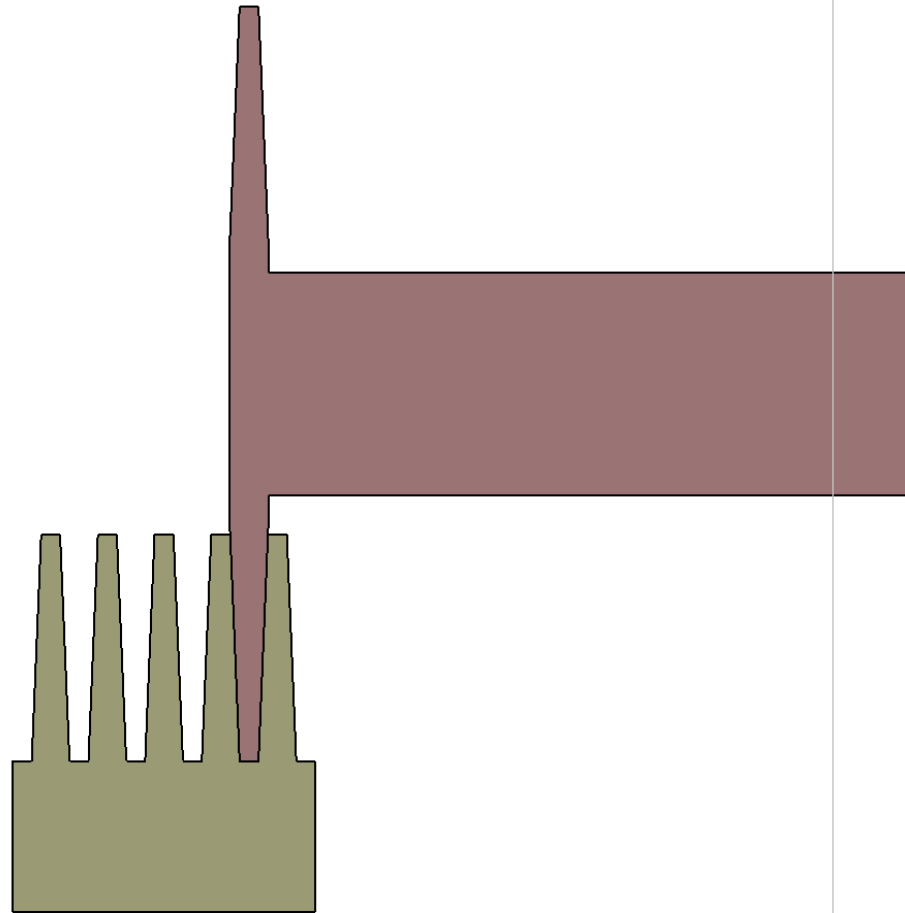
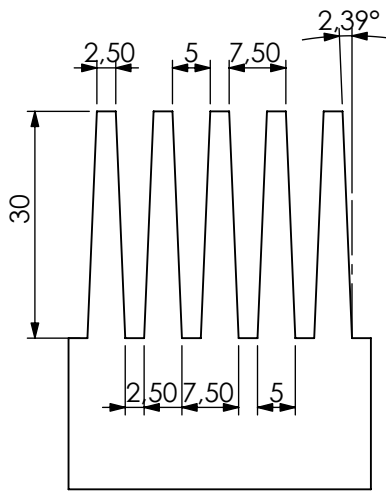
Puuproffa. N.d. Naulalevy/piikkilevy. Viitattu 7.5.2014. [http://www.puuproffa.fi/PuuProffa\\_2012/fi/rakennusliitokset/naulalevy/piikkilevy](http://www.puuproffa.fi/PuuProffa_2012/fi/rakennusliitokset/naulalevy/piikkilevy).











		DIMENSIONS ARE IN INCHES		NAME	DATE
		TOLERANCES:		DRAWN	28.6.2012
		FRACTIONAL ±		CHECKED	
		ANGULAR: MACH ± BEND ±		ENG APPR.	
		TWO PLACE DECIMAL ±		MFG APPR.	
		THREE PLACE DECIMAL ±		Q.A.	
		MATERIAL		COMMENTS:	
NEXT ASSY	USED ON	FINISH			
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING			
		SIZE	DWG. NO.	REV.	
		<b>A</b>	100x250x5.SLDPRT		
		SCALE 1:1	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1	

**PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL**  
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF OY R-WOOD CONSULTING LTD. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF OY R-WOOD CONSULTING LTD IS PROHIBITED.



**KUHMON KAUPUNKI**

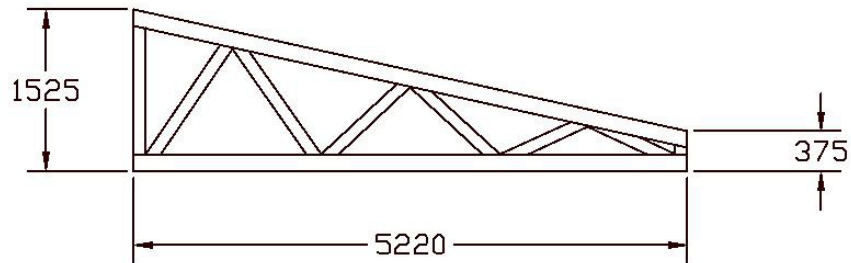
Kivikatu 2  
88900 KUHMO  
Puhelin 044-710 5081  
Fax (08) 6155 5305  
etunimi.sukunimi@kuhmo.fi  
www.woodpolis.fi

# LIIMARISTIKON KOEKUORMITUSRAPORTTI

Juho Mäenpää

TIMBER BROS OY

Suoritimme koekuormituksen Mökki Wälkkeeseen suunniteltujen ja tehtyjen liimaristikoiden matalammalle ristikolle perjantaina 24.8.2012 Kuhmossa, Woodpoliksen tiloissa.



Kuva 1, liimaristikon mitat.

Kuormitus suoritettiin betonipainojen avulla, jotka punnitsimme nosturikoukkuvaa`alla. Kaikki painot olivat muutamia kiloja yli 500kg.





Kuva 2, betonipainot

Kuva 3, ristikon kolmiotukirakenteet.

Ristikko nostettiin paikoilleen ja tuettiin niin, ettei ristikko päässyt kaatumaan sivuilleen tai paarteet kiepahtamaan. Tuet eivät kuitenkaan saaneet jäykistää tai muuten tukea ristikköä kuormitussuunnassa.

Betonipainot nostettiin tasaisin välein ristikon varaan pareina niin, että ne roikkuivat ristikon yläpaarteiden varassa. Betonipainoja oli 4 paria eli yhteensä reilu 4000kg kuorma. Koska testin tarkoituksena oli testata ristikon tasaisen kuorman kantavuutta, emme kuormittaneet ristikköä aivan sen päistä tukipisteiden yläpuolelta, sillä nämä kuormat siirtyvät suoraan tukipisteille ja ovat ristikon kantavuuden kannalta merkityksettömiä.



Kuva 4, painojen nosto



Kuva 5, kolme ensimmäistä painoa paikoillaan.



Kuva 6, ristikko täydellä testikuormalla.

Ristikko kantoi hyvin kaiken sille asetetun kuorman. Missään vaiheessa ristikosta ei kuulunut minkäänlaisia ääniä. Mittasimme ristikon taipumaa alapaarten keskikohdalta paarten yläpinnasta alla tukirakenteena olevan hirren yläpintaan. Ilman kuormaa mitta oli 929,5mm, täydellä kuormalla 925,0mm ja 20 minuutin kuormituksen jälkeen 924,5mm. Lopullinen taipuma oli siis 5mm eli noin  $L / 1000$ .



# KESTOPUR 1030

## 1-komponenttinen polyuretaaniliima

### OMINAISUUDET

Kestopur 1030 on 1-komponenttinen kosteuskovettuva polyuretaaniliima puumateriaalien liimaukseen. Tuote täyttää EN 15425:2008 -normin vaatimukset ja on hyväksytty EN 14080:2005 -normin mukaiseen CE-merkityn liimapuun valmistukseen.

### KÄYTTÖALA

- Insinööripuutuotteiden valmistus
- CE-merkityn liimapuun valmistus
- Rakenneluokiteltu puutavara
- Lamellihirsien liimaus
- Sormijatkaminen ja lamelliliimaus
- Kohteet, joilta vaaditaan erityisen hyviä kosteudenkesto-ominaisuuksia

### TEKNISET TIEDOT

Ominaispaino	n. 1.2 kg/dm <sup>3</sup>
Väri	vaalea
Viskositeetti	n. 7 000 mPas (Brookfield RVT, 5/20, 20 °C)
Levitysmäärä	150...200 g/m <sup>2</sup> , lamelliliimaus 140 -180 g/m <sup>2</sup> , sormijatkos
Avoin aika <sup>1</sup>	30 min.
Puristusaika <sup>1</sup>	väh. 90 min.
Puristusaine	0.6...1.0 N/mm <sup>2</sup>
Puun kosteus	10...20 % (suosittelemme n. 15 % kosteutta)
<sup>1</sup> ) levitysmäärä 180g/m <sup>2</sup> , mänty, puunkosteus 15%, 20 °C, 50% RH	

Avoimeen aikaan ja sitomisnopeuteen vaikuttavat voimakkaasti liimausolosuhteet, kuten puumateriaalin ja ilman kosteus, lämpötila, imukyky ja liiman levitysmäärä, joten antamiemme arvoja voidaan pitää vain lähtökohtana. Riittävän pitkän puristusajan määrittämiseksi ja liimasauman lujuuden varmistamiseksi tulee tehdä asiaankuuluvat testit ennen tuotantomittakaavaista käyttöä. Korotettu lämpötila lyhentää tarvittavaa puristusaikaa.

### KÄYTTÖOHJE

Liimattavien pintojen tulee olla puhtaat liasta ja pölystä. Liima soveltuu käytettäväksi suutin ja raitalevittimillä. Levitä liima yksi- tai kaksipuoleisesti tasaiseksi kerrokseksi. Poista tuoreet liimatahtrat kuivalla rievulla ja puhdista pinnat asetonilla tai Kestopur Cleaner:illa. Kovettunut liima voidaan poistaa ainoastaan mekaanisesti.

### KÄYTTÖ- JA YMPÄRISTÖ-TURVALLISUUS

Kestopur 1030 -liimaa käsiteltäessä on käytettävä suojakäsineitä. Ruiskutettaessa ja yli +40 °C lämpötilassa on käytettävä hengityssuojainta ja huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta. Tuotteesta on saatavissa käyttöturvallisuustiedote.

### VARASTOINTI

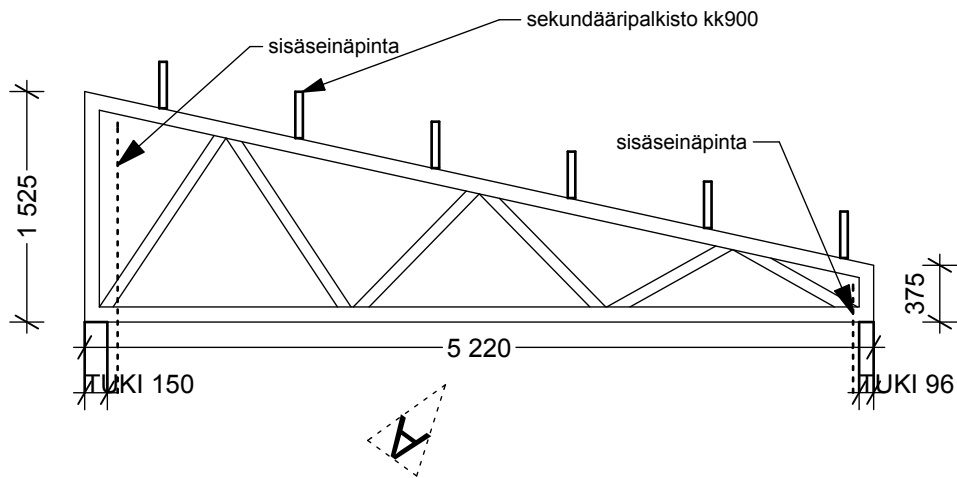
Tuote varastoidaan kuivassa ja viileässä paikassa (+10...+25 °C) valolta suojattuna. Tuote säilyy avaamattomassa alkuperäispakkauksessa 20 °C lämpötilassa 3 kuukautta ja 30 °C lämpötilassa max. 1-1½ kuukautta.

### LISÄTIETOJA

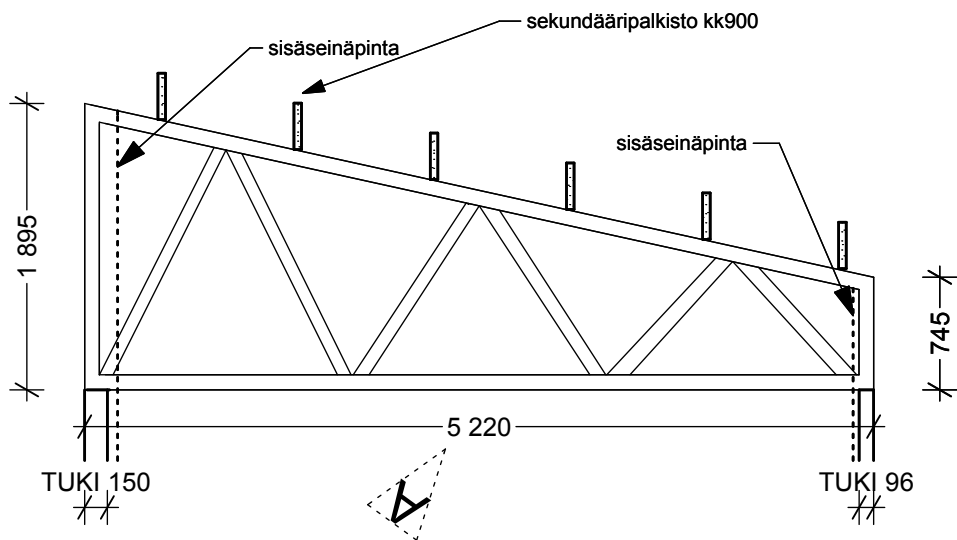
Suosituksemme perustuvat suorittamiimme kokeisiin sekä parhaisiin tietoihimme ja kansainvälisen tavan mukaan vastaamme vain tuotteen tasalaatuisuudesta. Lopputulos on aina riippuvainen käytön aikaisista olosuhteista kuten materiaalien ja ilman kosteudesta sekä lämpötilasta, levitysmäärästä ja materiaalien esikäsitteilyistä ja siksi antamiemme arvoja voidaan pitää vain lähtökohtana. Toimivuuden varmistamiseksi ja etenkin uusia materiaaleja, tuotantolaitteita tai menetelmiä käyttöönotettaessa on tehtävä asiaankuuluvat testit ennen tuotantomittakaavaista käyttöä.

### 05/12

Epäselvissä tapauksissa tehtaamme tekninen neuvonta on käytettävissänne.



LR-01, 1 kpl



LR-02, 1 kpl

kk 1680

B 25.6.2012 Sauvamuutos

A 21.6.2012 Mittamuutos: leveys 5180 -&gt; 5220

LUONNOS-1 ristikkosuunnittelua varten

Mökki Wälke  
Mustaniementie 41 a  
17850 Pihlajakoski

Arkkitehtitoimisto N-A-M Oy  
p. +358-40-595 42 85  
s. sipi.hintsanen@n-a-m.fi



25.6.2012

Sipi Hintsanen, arkkitehti SAFA

Liimaristikot

1:50

ARK 36-602



Mitä sanoisitte kattoristikosta, joka täyttää palomääräykset, on paljon lujempi kuin naualavyristikko, niin kaunis että sen voi jättää näkyville ja paljon edullisempi?

JUHO HUTTULA

# Liimattu sormiliitos Lujempi kuin naulauslevy

**H**vin, hyvin kiviäkoiselle Päijänteen rannan tontille on rakentumassa kesämökki. Paikka on rakentamisen kannalta kaikkea muuta kuin otollinen – puolivälissä Jyrkkää rinteitä, kiveä edessä, kiveä takana. Ja saaresa. Louhintaa ja täyttöä on tehty lähes tolkkumasti, sitä ainakin äkkienäisestä vierailijasta tuntuu.

Rakennustarvikkeet on kuulemma kuljetettu paikalle Hiacen perässä lähes kaikki, kun isommalla autolla ei kapeaa, mutkaisia ja mäkistä mökkietyä olisi perille pääsytäkään. Maat on kyllä ollut pakko ajaa. Mökkipaikan tokkilisuus kuitenkin

valkenee, kun menee siihen, mihin terassi tehdään. Edessä aukeaa mäntyjen keskeltä järven siintävä selkää kilometritäin, muutamana saaren pilkuttaessa maisemaa, niemen ja lahdenpoukaman päilyksä puiden takana oikealla, kauniina kuin parhaimmassa maisemamaalauksessa, tai oikeastaan vieläkin kauniimpana. Ei ihme, että mökki on tähän paikkaan haluttu ja laitettu.

Emme kuitenkaan ole katsellemmassa ja ihaillemassa sen enempiä upeaa maisemaa kuin paikallisen urakoitsijan Rakennuspalvelu Janne Puolamäen esimerkillisen sisistytötä – senpä näkee vaikka ulkovo-

rauksen jirattusta nurkasta – tai perustuksissa käytettyä läpivärjättyä betonia tai talon toiseen päättyyn istutettua, piilukirveellä veistelyä ”kelluvaa” hirsisäunaa, jonka ylälauteelta sielätään on mahtava näköala. Tai geometrisen mielenkiintoista kattoa, jonka päälle tulee viherkatto. Kaikkia näitä voisi kyllä ihastella, pidempäänkin, samoin kuin mökin valoisuutta, sisäpintojen vaaleutta, seinien sormipaneeleita.

Syy tällä mökillä vierailuun löytyy sen sisältä, ylhäältä katosta. Tästä mökissä näet on käytössä ensimmäistä kertaa, niin kaiketi koko maailmassa ensimmäistä kertaa, uuden-

lainen kattoristikko. Liimariistikoksi sitä nimitetään, ja aivan oikein: siinä on liimattu sormiliitokset, ei mitään naulauslevyjä, ja niinpä näitä ristikoita ei ole syytä pilloittaa minnekään. Mutta jos ei tietäisi, ei voisi mistään päätellä, että ristikoissa on sormiliitokset. Näkyvillä on vain ehjää puuta.

## Maailmanuutus

Nämä ristikot ovat jäteät. Paareitella mitoitetaan 120 x 150 mm, digonaalit 115 x 115 ja pituutta ristikoilla on 6,5 metriä. Ne kantavat ohjennitokukseen verrattuna kaksinkertaisen kuorman, mutta se ei johdu pelkästään mitoituksesta, vaan

liitosten lujiuudesta. Mutta mitoituksella on saavutettu myös toinen merkittävä etu: ristikotit eivät sel-laisenaan 30 minuutin paloluokituksen – niitä ei tarvitsse koteloloida kipsilevyllä tai muullakaan paloa eristäväällä materiaalilla.

Liimaristikko päätyi tämän mökin kattoon oikeastaan sattumalta. Monesta asiasta voi syyttää oopperaa, kuten tässäkin sattumassa. Arkkitehti **Sipi Hinsaasen** isä ja kohteen omistajan isä näet kohlasivat sattumalta oopperailian päätteeksi ravintolassa, toinen tuli maininneeksi että pitäisi jostakin löytää suunnittelija mökkiprojektiin, tietäisiköhän kukaan. Ja kukahan tesi, että poika sellaisia suunnittelee.

Yhteys otettiin Akkhtrehtitoimisto N-A-M Oy:öön ja projekti käynnistyi. N-A-M:ssa muistivat, että liimaristikoista oli ollut juttua Puu-lehdessä. Ensimmäisissä suunnitelmissa mökin sisällä ei rakenteita jäänyt näkymiin, mutta Hintsaselle tuli mieleen, että jotakin kyllä voisi olla näkyvissäkin. Asiakas uskoi Hintsasen ajatuksen ja oli valmis myös panostamaan siihen.

Puolisotista vuotta sitten hintasenen otti yhteyttä liimaristikon keksijään, dosentti **Tuomo Poutaseen**. Poutanen on tehnyt työtä naualavyristikkoiden parissa koko pitkän työuransa ja tuntee koko maailman ristikkobisneksen perin pohjin. Nykyisin metallisina nauauslevyinä käytetään enimmäkseen Poutasen vuonna 1979 keksimää mallia, ja Suomessa valmistettavat ristikot suunnitellaan hänen väitöskirjassaan esittämänsä teorian pohjalta.

Poutasen mukaan liimaristikko peittoaa naualavyristikon menem tullen. Väite on kova, sillä kyse on todella isosta bisneksestä: maailmanlaajuisesti naualavyristikoita valmistetaan vuosittain noin 25 miljoonaa kuutiotia 15 miljardin euron arvosta. Poutanen on silti varma siitä, että liimana korvaa ennemmin tai myöhemmin kaikki naualavyristikot.

”Naualavyristikoissa on monta ongelmaa. Puutavara voi olla vain 40–50 mm paksumpaa, niillä ei ole palonkestoa, ei kosteudenkestoa ja ne ovat kalliaita. Sormiliitoksin tehdyissä liimaristikoissa ei ole mitään näistä ongelmista, päin vastoin niistä voidaan tehdä jäätettä, saadaan palonkestoa, kosteudenkestoa sekä säätetään puuta ja kustannuksia”, Poutanen selvittää.

Hänen kehittämässä sormiliitokseen olennainen piire on, että sormien kärjet ovat vaihtelevia. Ne jyrstään vain liitosalueelle, toisin kuin esimerkiksi pohjoisamerikkalaisten

## ➔ Tuomo Poutasen kehittämän sormiliitoksen periaate.

### ➔ Leikkausvoima on kuvan testissä 6 M/mm<sup>2</sup>. Liitos kestää, puu murtuu.

Openjoist 2000 -järjestelmässä, jossa liitoksen urat jyrstään nurkan yli ja jyrstävyyvyys on vakio 15 mm. Tällöin liitos myös jää näkyviin.

Poutasen sormiliitoksessa jyrstävyyvyys määritellään tapauskohtaisesti eikä liitoksesta jää mitään näkymiin. Niille, jotka epäilevät tällaisen liitoksen kestävyyttä, Poutasella on näyttää kuvia erilaisista kuormituskokeista, joissa puu liitoksen ympäriltä murtuu ja halkaee, mutta liitos säilyy aina ehjänä.

”Sormet liitoksesta eivät koskaan irtoa. Tyyppilisesti puu liitoksen vierestä menee rikki”, Poutanen kertoo.

Liitos sopii melkein mihin tahansa käyttöön, huonekaluihinkin, mutta tärkein käyttösovellus Poutasen mukaan olisi ainakin aluksi ristikkopalkki. Sen kustannukset olisivat sekä liimapuupalkkeihin että naualavyypalkkeihin verrattuina paljon edullisempia ja lujuus paljon parempi.

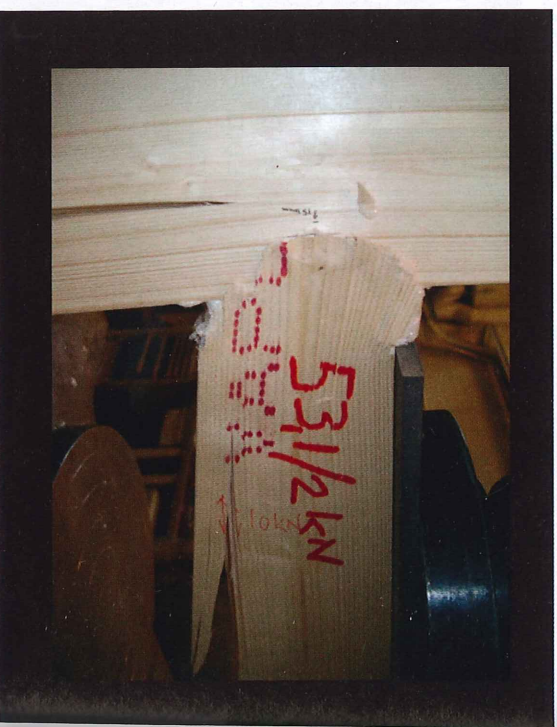
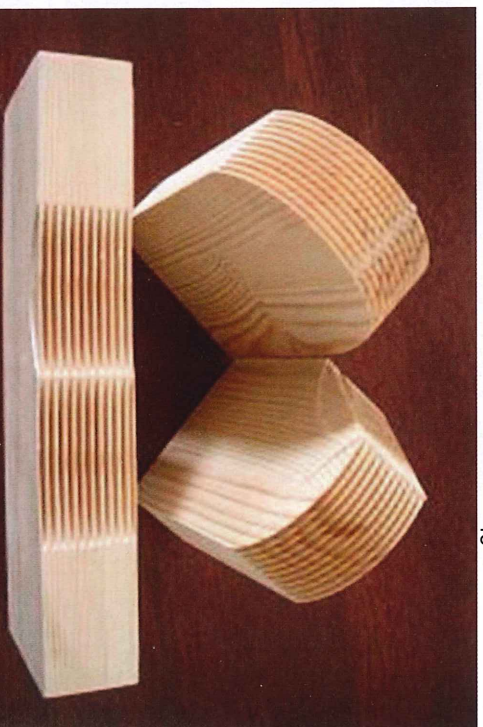
## Valmistuksen vaikeus

Varsinaista tuotantolaitosta liimaristikoille ei vielä ole. Nämä ristikot on tehty Kuhmossa Woodpolisilla, jossa on riittävän suuri jyrstin ja jyrstävyyksellä kiinnostusta kokeilla ristikoiden tekemistä. Poutasella on maailmanlaajunen patentti keksinnölleen, ollut jo useamman vuoden. Hän kertoo kiertäneensä niin Ruotsit kuin Amerikatkin keksintöään esittelemässä.

Mutta esimerkiksi nauauslevyvalmiinnoita hallitsevan, sijoittaja **Warren Buffettin** imperiumiin kuuluvan MITekin toimitusjohtaja passitti hänet makkoihinsa: menekös siitä meidän bisnestämme pilaamaan. Lupasivat kuitenkin tulla tutustumaan, sitten kun Tuomo Poutanen on saanut tuotantolaitoksen pystyyyn ja liimaristikoita tulee tehtaan linjalta.

Keksintöosätiötä Poutanen on saanut muutaman kymppitonnin, joilla patentti saatiin, mutta tuotantoon ei ole rahaa löylynyt. Riskisijoittajat tunkevat rahojaan erilaisiin pelifirmoihin jopa epätoivon vimmalli, mutta Poutasen keksinnön kaupallista potentiaalia ei ole tajuttu, vaikka sitä on todella paljon.

”Nokian bisnes oli parhaimmillaan noin 40 miljardin euron arvoista vuodessa, ja tämä voisi olla yhtä suurta, sillä uusi liitos soveltuu kaik-



kiin puuliitoksiin, mm. huonekaluihin, joista saataisiin kerralla kestävä”, Poutanen sanoo.

Tärkeää olisi saada koetehdas pystyyn. Se vaatisi noin miljoona euroa: automaattijyrstin maksaa noin 350000, sen ohjelmisto 100000, koonpanoajigi toiset 100000 ja koe-kuormitusyksikkö 50000 – aluksi kaikki ristikot ja ristikkopalkit olisi koekuormitettava. Loput tarvittaisiin käyttöpääomaksi. Panostus ei olisi siis kovinkaan suuri, jos sitä verrataan moneen muuhun esimerkiksi Tekešin rahoittamaan hankkeeseen.

Tuomo Poutasen yhtiökumppani, **Di Seppo Collander** kertoo, että tuotteen kaupallistamisessa on tarkoitus edetä kaksivaiheisesti: Ensimmäiseksi perustetaan yhtiö, joka hallinnoi patentteja, ja siihen on jonkin verran sijoittajia jo tarjolla. Hankalampaa on löytää sijoittajia perustettavaan koetehtaaseen, sen kun pitäisi luontevimmillaan olla sahan jatkeena.

Collanderin mukaan sitä mieltään, kannattaako kattotuolubisneksen mennä ollenkaan – hän on sitä mieltä, että naualavykkäätuotit korvautuvat ristikkopalkkeilla jokatapauksessa, sillä ne antavat talonrakentajille lisää tilaa samaan hintaan – ullaakkotila saadaan käyttöön, mikä tuo paljon rahanaivoista pinta-ala. Myös esimerkiksi purkkistojen kuljetus on helpompaa.

Collanderkin päivittelee, miten on uskomatonta, että liimaristikon kaitaiseen tuotteeseen ei saa valtion tukirahoja. Vaikka puurakentamisen edistämisen seisoo hallitusohjelmassakin.

”Puurakentamista pitäisi edistää mutta puuta hakataan niin vähän, että vuotuinen kasvu jää meisiin. Maa köyhyty koko ajan, kun omia luonnonvaroja ei osata käyttää. Liimaristikkokin korvaisi rakentamisessa huomattavan määrän terästä”, Collander sanoo. **ZM**