

Ulla Köckritz

# REKONSTRUKTIO 1950-LUVUN MUOTOPURISTETUOLISTA KYLÄPURISTUSMUOTILLA

Opinnäytetyö  
Restaurointi

2020



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Ulla Köckritz	Artenomi (AMK)	Maaliskuu 2020
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		89 sivua
Rekonstruktio 1950-luvun muotopuristetuoista kylmäpuriste- muotilla		
<b>Ohjaaja</b>		
Jari-Pekka Muotio		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Opinnäytetyön aiheena on tehdä rekonstruktio 1950-luvun tuolista. Opinnäytetyössä tutkitaan viiluista liimatun muotopuristeen tekoa kylmäpuristusmuotilla, ja siihen on taltioitu rekonstruktion vaiheet suunnittelusta valmiiksi tuoliksi. Opinnäytetyö on tapaustutkimus yksittäisestä projektista.</p>		
<p>Opinnäytetyö on laadultaan kvalitatiivinen ja tutkimustapana on toiminnallinen tapaustutkimus, jonka teoreettisena viitekehystenä on kirjallisuuskatsaus. Opinnäytetyö käsittelee 1950-luvun muotopuristetuolin rekonstruointia. Opinnäyte koostuu muotopuristerekonstruktion valmistuksen eri työvaiheista eli prosesseista ja niissä tehdyistä havainnoista. Johtopäätökset ovat teoria- ja empiria- eli kokemuspohjaisia. Validius ja reliabelius perustuvat kirjallisuuskatsauksen lisäksi työvaiheiden ja kokemusten dokumentointiin.</p>		
<p>Opinnäytetyössä kootaan hajanainen tieto kirjallisuuskatsauksen muotoon. Kirjallisuuskatsauksessa on historialla taustoitettua perustietoa viiluista, liimaamisesta ja muotopuristamisesta. Kirjallisuuskatsaus luo teoreettisen viitekehysten muotopuristeen valmistamiselle.</p>		
<p>Opinnäytetyö tuloksena on teoriolla taustoitettuja prosessikuvauksia muotopuristerekonstruktion työvaiheista. Näiden tarkoitus on antaa lukijalle tietoa puristemuotin ja muotopuristeen tekemisestä ja tallentaa tietoa perinteisestä menetelmästä ennen taitotiedon katoamista. Opinnäytetyö on kuvaus yksittäisen tuolin valmistusprosesseista, ja johtopäätökset perustuvat suureksi osaksi matkan varrella tapahtuneisiin virheisiin ja onnistumisiin.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
<p>rekonstruktio, kylmäpuristemuotti, muotopuriste, muotti, taivute, taivutus, muotopuristus, viilu, liimaus, urealiima, PVAc</p>		

Author	Degree	Time
Ulla Köckritz	Bachelor of Culture and Arts	March 2020
<b>Thesis title</b> Reconstruction of a curved plywood chair from 1950's with cold-press moulding		89 pages
<b>Supervisor</b> Jari-Pekka Muotio		
<b>Abstract</b> <p>The object of this thesis is to document the reconstruction process of a chair made in the 1950's. The thesis studies the production of curved plywood with a cold-press mould and records the stages of reconstruction from design to the finished chair.</p> <p>The research method in the thesis is a qualitative functional case study. The theoretical framework is a literature review.</p> <p>The thesis provides descriptions of several distinct processes with relation to making a mould press structure and presents observations during these processes. The conclusions are theoretical and empirical, derived from the knowledge gained at the different stages of the reconstruction process. A description of a process of the study is the journey from an idea to a finished chair.</p> <p>A secondary objective of this thesis is to compile fragmented information by means of a literature review, including historical background information on veneer, gluing, moulds and cold-press moulding. The literature review provides a theoretical framework for the production of curved plywood.</p> <p>The result of the thesis is a collection of process descriptions of the steps of curved plywood moulding construction. The purpose is to examine about the making of the curved plywood and the cold-press moulding in order to document the traditional methods before they are forgotten. The process descriptions in this thesis are largely based on the practice of trial and error.</p>		
<b>Keywords</b> reconstruction, cold press mould, curved plywood, mould, bend, bending, press moulding, veneer, bonding, urea glue, PVAc		

## SISÄLLYS

KÄSITTEET .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 TEOREETTINEN VIITEKEHYS .....	9
2.1 Opinnäytetyön tarkoitus .....	9
2.2 Tutkimusmenetelmät .....	9
2.3 Tutkimuksen käsitteistö ja rajaus .....	12
3 KIRJALLISUUSKATSAUS .....	13
3.1 Kirjallisuuskatsauksen tarve .....	13
3.2 Viilu .....	14
3.3 Viilu huonekaluissa .....	17
3.4 Muotopuriste ja muotopuristus .....	18
3.5 Puristusmuotti .....	21
3.6 Viilun liimaus .....	23
3.7 CNC-jyrsintä .....	27
3.8 Muotopuristehuonekalut Suomessa .....	28
4 TUTKIMUSRAPORTTI .....	30
4.1 Lapinjärven tuoli .....	30
4.2 Suunnittelu ja piirrokset .....	33
4.3 Kylmäpuristusmuotin valmistus .....	36
4.4 CNC-jyrsintä .....	39
4.5 Viilujen ladonta .....	44
4.6 Viilujen liimaaminen PVAc-liimalla .....	49
4.7 Viilujen liimaaminen urealiimalla .....	52
4.8 Muotopuristeen jyrsintä .....	58
4.9 Pintakäsittely .....	62
4.10 Putkirungon valmistus .....	63

4.11	Istuinosien kiinnittäminen.....	67
5	TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS .....	75
5.1	Laadullisen tutkimuksen luotettavuus .....	75
5.2	Teoriatieto luotettavuuden osoittajana .....	76
5.3	Tutkimusraportin ja johtopäätösten luotettavuus .....	76
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	78
6.1	Pohdinta opinnäytetyön tuloksista .....	78
6.2	Rekonstruktion valmistamisen järkevyys .....	80
	LÄHTEET.....	83
	KUVALUETTELO .....	86

## KÄSITELUETTELO

Keskeisten käsitteiden lähteenä on käytetty Opetushallituksen vuonna 2002 julkaisemaa oppikirjaa Puutuoteteollisuus 3 (Auvinen, S., Isomäki, O., Koponen, H., Saimovaara, J., Tiainen, Jouko, Tiainen, Juha & Tolvanen, P. 2002). Tässä opinnäytetyössä keskeisiä käsitteitä ovat:

**Kuumaliima:** kuumaliimojen eli kuumakovettuvien liimojen käytössä käytetään lisälämpöä kovettumisen nopeuttamiseksi. Kuumaliimat kovettuvat yleensä hitaasti huoneenlämmössä.

**Kuumapuristus:** Muotopuristeen valmistustekniikka, jossa liiman kovettumista nopeutetaan kuumentamalla. Lämpöä voidaan tuottaa eri tavoin puristimen teknisestä toiminnasta riippuen. Kuumapuristuksessa käytetään yleensä yli 100°C lämpötilaa.

**Kylmäliima:** Kylmäliima eli kylmäkovettava liima kovettuu huoneenlämmössä. Raja kylmäkovettuvien ja kuumakovettuvien liimojen välillä on häilyvä. Työkentelylämpötilan nousu yleensä nopeuttaa kylmäliimojen kovettumista.

**Kylmäpuristus:** Muotopuristeen valmistustekniikka, jossa muotopuriste tehdään ilman lisälämpöä.

**Muotopuriste:** Muotopuristeella tarkoitetaan muotissa muotoon puristettuja eli muotopuristettuja kaksi- tai kolmiulotteisia vaneritaivutitteita.

**Muotopuristemuotti:** Muotopuristemuotti on muotopuristeen valmistamiseksi tehty yksi- tai kaksipuolinen taikka moniosainen muotti, joka voidaan valmistaa puusta, metallista tai muusta paineen kestävästä materiaalista esimerkiksi sahaamalla, kaivertamalla tai jyrsimällä.

**Polyvinyylisetaattiliima:** Polyvinyylisetaattiliima eli PVAc-liima on yleisesti tunnettu valkoisena puuliimana ja se on kylmäkovettava liima.

**Urealiima:** Urealiima luokitellaan kuumakovettuvaksi liimaksi, mutta se kovettuu myös huoneenlämmössä. Kuumapuristamalla urealiiman kovettumisaika on muutamia minuutteja, kun kylmäpuristamalla kovettumisaika on jopa vuorokausia.

**Vaneri:** Vaneri on puunjalostustuote, jota valmistetaan liimaamalla ohuita puuviiluja päällekkäin.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoitus on 1950-luvun tuolin rekonstruktion avulla luoda ja tallentaa tietoa uuden muotopuristeen valmistamisesta. Muotopuristeiden valmistamisesta kaksipuoleisella kylmäpuristemuotilla ei ole juurikaan kirjallisuutta, korkeintaan mainintoja siitä. Myöskään muotopuristehuonekalujen korjauksesta ei ole julkaistu tutkittuja menetelmiä. Tekniikan kehittyessä kylmäpuristukseen liittyvä tietotaito on vaarassa kadota. Tämä tietotaito on kuitenkin edellytys muotopuristeen korjaukselle tai restauroinnille.

Muotopuristeen valmistaminen kylmäpuristustekniikalla on yhdistelmä osaamista. Se koostuu materiaalituntemuksesta, puristamisen ja liimauksen hallitsemisesta sekä muotin valmistamisen taidosta. Julkaistua tietoa löytyy kaikista näistä osa-alueista, mutta näitä yhdistävää ja soveltavaa julkaistua tietoa ei ole. Muotopuristaminen kylmäpuristemuotilla on kombinaatio tietoa ja taitoa, jota ei ole kokonaisuutena löydettävissä julkaistuna tietona.

Opinnäytetyön on laadullinen eli kvalitatiivinen tapaustutkimus. Tutkimuskohteenä on 1950-luvun tuoli, joka on löytöpaikansa mukaan nimetty tässä työssä Lapinjärven tuoliksi ja tapaustutkimus kohdistuu tuolin rekonstruointiprojektiin. Tapaustutkimus on yksittäinen projekti, mutta siitä syntyvä ja siinä tallennettu tieto voi olla yleisesti hyödynnettävissä. Tutkimusmetodia, tutkimuksen pätevyyttä ja luotettavuutta sekä näkökulmaa käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

Ennen toimintatutkimuksen tuloksena esitettyä tutkimusraporttia opinnäytetyöstä löytyy kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsauksessa kartoitetaan ja koostaan olemassa oleva julkaistu tieto. Kirjallisuuskatsaus voi jo itsessään olla tutkimustulos, mutta tässä opinnäytetyössä se pohjustaa ja ohjaa toiminnallisen tapaustutkimuksen etenemistä. Kirjallisuuskatsausta voidaan pitää osana teoreettista viitekehystä, sillä luo osaltaan teoreettisen viitekehyyksen tutkimusraportille. Kirjallisuuskatsaus toimii kuitenkin myös itsenäisenä kokonaisuutena, mistä syystä se on irrotettu teoreettisesta viitekehyksestä omaksi luvukseksi.

Opinnäytetyön tuotos on tutkimusraportti. Opinnäytetyössä pyritään käyttämään samoja tekniikoita kuin 1950-luvulla. Esimerkiksi siinä on keskitytty kahteen jo 1950-luvulla yleisesti käytettyyn liimaan, jotka ovat PVAC-liima sekä urealiima. Joissakin tapauksissa hyödynnetään nykytekniikkaa, koska valmistus muulla tavoin ei olisi järkevää ajankäytön eikä kustannusten kannalta.

Raportissa kuvataan rekonstruktioprojektin eri vaiheet. Vaiheet on kuvattu itsenäisinä alalukuina ja niitä voi lukea irrallisina työkuvauksina ilman muiden osioiden lukemista. Raportin on tarkoitus auttaa samankaltaista projektia suunnittelevaa tai toteuttavaa henkilöä etenemään projektissaan. Työvaiheiden dokumentoinnin lukeminen voi ehkäistä joidenkin virheiden syntymistä, mutta yhtä lailla se voi herättää ajatuksia menetelmien kehittämiseksi. Tekniikan kehittyessä moni prosessin vaihe saattaa helpottua. Prosessikuvauksissa on käsitelty yhtä toteutustapaa ja sillä aikaan saatua tulosta. Samalla on dokumentoitu ehkä jo väistynyt ja katoava menetelmä, mikä on ollut opinnäytetyön lähtökohta.

Vaikka opinnäytetyön pohdinnoissa kyseenalaistetaan rekonstruktion järkevyys ja sen kustannustehokkuus, on kylmäpuristustekniikka ja kylmäpuristemuotin valmistaminen järkevä tapa silloin, kun yksittäiskappaletta todella tarvitaan. Muotopuristehuonekalujen restauroijille on varmasti kysyntää, sillä esimerkiksi vanhat Alvar Aallon, Ilmari Tapiovaaran ja Yrjö Kukkapuron muotopuristehuonekalut ovat haastavia korjata ja niiden myynti- ja statusarvo ovat korkeita. Muotopuristeen korjaaminen edellyttää ymmärrystä muotopuristeen valmistuksesta. Taitotiedon ja tietotaidon tallentamiselle on tarve. Vaikka opinnäytetyö käsittelee rekonstruktion tekemistä, se kokoaa samalla tietoa 1950-luvun muotopuristehuonekalujen restaurointia varten.



## **2 TEOREETTINEN VIITEKEHYS**

### **2.1 Opinnäytetyön tarkoitus**

Opinnäytetyössä rekonstruoidaan 1950-luvun tuoli ja siinä tutkitaan miten kylmäpuristusmenetelmää sovelletaan muotopuristeen valmistuksessa. Opinnäytetyön tehtävänä on löytää vastauksia ja ymmärrystä, miten muotopuristemuotti tehdään, miten sitä käytetään ja mitä tulee huomioida muotopuristeen valmistamisessa. Vastausta haetaan yrityksen ja erehdyksen kautta kausaliitteja eli syy- ja seurausyhteyksiä etsien. Tutkimus on toiminnallinen ja havainnoiva yritys ymmärtää sekä oppia kylmäpuristemuotilla tehtävä taivutusmenetelmä valmistamalla yksittäinen tuoli.

Opinnäytetyön tarkoitus on koota myös teoretietoa muotopuristeen valmistuksesta kylmäpuristemuotilla. Kylmäpuristuksen menetelmäosaaminen on todennäköisesti siirtynyt hiljaisena tietona kisälli – mestari -periaatteella ja tekniikan hallinta lienee ollut itsestään selvyys. Teknologian kehittyminen ja tehokkaammat menetelmät ovat syrjäyttäneet kylmäpuristustekniikkaa ja taivutusmenetelmän osaaminen on vaarassa kadota. Kylmäpuristemuotin käyttö yksittäisen kappaleen tai pienen sarjan valmistamisessa voi kuitenkin olla perusteltua. Tämä puuntaivutusmenetelmätietous on tarpeen taltioida niin historiallisena menetelmänä kuin tulevaisuudessakin hyödynnettävänä menetelmänä.

Julkaisua, johon kylmäpuristukseen liittyvä menetelmätieto olisi kattavasti koottu, ei ole löytynyt. Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksen tarkoitus on koota pirstaloitunut julkaistu tieto kokonaisuudeksi, joita voi hyödyntää teoriataustana kylmäpuristemuotin sekä muotopuristeen valmistuksessa.

Menetelmien toimivuuden todentaminen ja menetelmätiedon taltiointi on perusteltua vaikkakin vain yksittäisen tapausesimerkin muodossa.

### **2.2 Tutkimusmenetelmät**

Opinnäytetyö on laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus, jossa toiminnallisuus yhdistyy tapaustutkimukseen. Toiminnallisessa tutkimuksessa tutkimuksen tekijä vaikuttaa tutkimuksen tulokseen ja tapaustutkimus tarkoittaa tässä tapauksessa tutkimuksen kohdistumista yhteen projektiin. Kun toimintatutkija kehittää

tutkimuksensa avulla tutkimuskohteeseen liittyviä taitoja ja ratkaisee käytännön ongelmia, tutkimuksen tuotoksena syntyy Alasuutarin (1996, 89) mukaan tutkimusraportti. Saavutettu tieto on taidollista ja toiminnallista tietoa eli prosessuaalista (prosessia koskevaa) tietoa (Anttila 207, 10). Toiminnan kuvailussa seurataan ja tarvittaessa korjataan etenevää prosessia. Päätely perustuu koettuihin tosiasioihin, mutta edellyttää tiedollista ja taidollista esiymmärrystä tutkittavasta aiheesta. (Anttila 2007, 62–63.)

Käsityöläisenä tai muotoilevana toimintana tehtävä toimintatutkimus suunnittelu- ja valmistusprosessista eroaa perinteisestä tutkimusasetelmasta. Tällöin lopputuotos, eli fyysinen tuotos, on tärkeämpi kuin kirjallinen loppuraportointi. Kirjallisen osuuden teoreettinen osuus voi olla tällöin esimerkiksi prosessiin liittyvä erityinen näkökulma, mikä mahdollistaa tieteellisen keskustelun. (Anttila 1998, 322–323.)

Tässä työssä suunnittelu- ja valmistusprosessiin liittyvä erityinen näkökulma on kylmäpuristustekniikan tietotaidon tallentaminen yksittäisen tapaustutkimuksen muodossa, kuitenkin hyödyntämällä uutta tekniikkaa ja materiaaleja 1950-luvun tuolin rekonstruoimisessa. Esineen rekonstruoinnissa pyritään valmistamaan kopio samoilla menetelmillä ja samoista materiaaleista kuin alkuperäinen esine. Lähtökohtaisesti tähän tulee pyrkiä, mutta tosiasiallisesti se voi olla mahdotonta.

Opinnäytetyssä tehdään rekonstruktio 1950-luvun tuolista. Alkuperäisestä valmistustavasta ja valmistuksen vaiheista ei ole täyttä varmuutta, vaan kyse on valistuneesta arvauksesta. Käytettävissä ei ole 1950-luvulla valmistettua viilua, joka poikkeaa kehittyneemmällä teknologialla valmistetusta uudesta viilusta. Urea- ja PVAc-liimat ovat myös kehittyneet eikä muotteja tehty 1950-luvulla CNC-jyrsimellä, vaikka tämän tekniikan hyödyntäminen on nyt perusteltua mittatarkan rekonstruktion aikaan saamiseksi.

Aidon rekonstruktion tekeminen on siis lähestulkoon mahdotonta. Tämän hyväksyminen on perusta näkökulman valikoitumiselle: valistuneisiin arvauksiin perustuva kokeilu, jonka tarkoitus on saada aikaiseksi suunniteltu lopputuote eli rekonstruktio vanhasta tuolista. Opinnäytetyön näkökulma on tapaustutki-

mukselle tyypillinen rajattu kokonaisuus yhdestä projektista. Toiminnallisessa tapaustutkimuksessa tutkimusraportti etenee systemaattisesti, mutta siitä puuttuu tieteellinen jäykkyys ja tarkkuus. (Anttila 1998, 322.)

Toiminnallinen opinnäytetyö, eli tutkijan tietoa ja taitoa osoittava, on siten hypoteesien eli olettamuksien, jotka perustuvat empiriaan ja teoriaan, testausta ja kokeilua (ks. lisää Anttila 2007, 110–113). Tutkimusraportin avulla tutkija osallistuu yhteiskunnalliseen sekä tieteelliseen keskusteluun tutkimuskohteesta (Vilkkä 2006, 72). Tulosten perusteella voidaan päätellä, tukiko empiria teoriaa, ja jos ei, oliko vika teoriassa, empiriassa vai molemmissa vai kenties tutkijassa (Eskola & Suoranta 1998, 81).

Tieteellisen jäykkyyden ja tarkkuuden puute luo ongelman tutkimuksen sisäiselle ja ulkoiselle validiteetille eli pätevyydelle (Anttila 1998, 322). Tutkimuksen validiutta lisää usean tutkimusmenetelmän käyttö (Hirsjärvi, Remes, Sajavaara 2007, 228). Luotettavuus eli tutkimuksen reliaabelius on määrällisessä eli kvantitatiivisessa tutkimuksessa selkeämpi todentaa esimerkiksi tutkimustilanteen toistettavuudella, mutta laadullisessa tutkimuksessa tilanne on toinen. Laadullisessa tutkimuksessa tutkimusasetelma on usein kertaluontoinen. Luotettavuutta voidaan laadullisessa tutkimuksessa lisätä samoin kuin pätevyyttäkin, eli käyttämällä useaa tutkimusmenetelmää. Luotettavuuden ja pätevyuden perinteiset käsitteet eivät sovi prosessin arviointiin, arviointi painottuu prosessin raportointiin.

Toiminnallinen tutkimus ja tapaustutkimus rakentuvat kirjallisuuskatsauksen ja tekijänsä tietotaidon sekä taitotiedon varaan. ”Se on tutkimusote, joka vuorottelee käytännöllisen ja teoreettisen ajattelun välillä ja tekee päätelmiä ja havaintoja tosiseikkojen että asetettujen arviointikriteerien perusteella” (Anttila 2007, 61). Luotettavuuskysymyksiin vastataan perusteluilla (Kananen 2017, 77).

### 2.3 Tutkimuksen käsitteistö ja rajaus

Opinnäytetyö on kirjoitettu yleiskielellä. Mäkinen (2005, 9–11) toteaa tieteellisen tekstin ominaisuuksina objektiivisuuden, mikä tarkoittaa sijamuotojen häivyttämistä poiketen samalla puhe- ja arkikielestä. Tämä ei tarkoita kielellistä monimutkaisuutta, mutta kielen popularisointia siten, että teksti on asiaan vihkiytymättömälle ymmärrettävää. Kielen tulee hänen mukaansa viitata todellisuuteen ja käsitteiden olla johdonmukaisia.

Käsitelmärittelyn tehtävänä on yksinkertaistaa käsitteet. Ilman käsitelmärittelyä ne ovat usein monimerkityksellisiä (Mäkinen 2005, 120). Keskeiset käsitteet on määritelty käsiteluettelossa. Tarvittavin osin määrittely kerrataan asiayhteydessään. Vaikka opinnäytetyön lukijakunnan voi olettaa tuntevan puuttyön perusteet, pyrkimyksenä on ollut kirjoittaa teksti, joka on ymmärrettävissä myös asiaan vihkiytymättömälle. Käsitteiden määrä on vähäinen ja niiden voi kuvata Niiniluodon määrittelemien peruspilareiden mukaisesti olevan yksinkertaisia, selviä, yleisiä ja totuudellisia (Mäkinen 2005, 173).

Opinnäytetyössä aihealuetta rajaavat muun muassa otsikointi, käsitelmärittely ja tutkimusmenetelmät. ”Rekonstruktio 1950-luvun muotopuristetuoista kylmäpuristustekniikalla” tekee rajauksen aikakauteen, menetelmään ja tavoitteeseen. Kun muotopuriste-käsite määritellään käsittämään ainoastaan viiluista liimatuja vanerirakenteisia taivutteita, niin käsitteen ulkopuolelle jäävät esimerkiksi puristelasia ja -muovi. Opinnäytetyössä käsitellään puun useista taivutusmenetelmistä vain muotopuristamista ja liimoina käytetään jo 1950-luvulla tunnettua urea- ja PVAc-liimaa. Tapaustudkimus tarkoittaa yksittäisen tapauksen laadullista eli kuvailevaa tutkimusta. Tutkimuksen tarkoitus vanhan menetelmän tallentamiseksi rajaa ulkopuolelle tekniikan kehittämisen.

Opinnäytetyön tutkimuskysymyksenä on kuinka valmistaa rekonstruktio 1950-luvun muotopuristetuoista. Opinnäytetyö kokoaa ja tallentaa tietoa kylmäpuristemuotin ja muotopuristeen valmistamisesta. Se on prosessikuvaus tuolin rekonstruoinnista. Opinnäytetyössä kootaan hajanainen tieto kirjallisuuskatsauksen muotoon. Kirjallisuuskatsauksen luoman teorian tiedon paikkansa pitävyys testataan rekonstruktioprojektina.

### 3 KIRJALLISUUSKATSAUS

#### 3.1 Kirjallisuuskatsauksen tarve

Kylmäpuristusmuotteja on käytetty todennäköisesti vanerin keksimisestä lähtien, mutta kirjallisuutta kyseisestä tekniikasta ei juuri löydy. Kyseinen taito on todennäköisesti siirtynyt kisälliltä mestarille ja modernin ajan saatossa se on korvautunut helpompien, nopeampien ja kustannustehokkaampien menetelmien tieltä. Automaatio ja digitalisaatio ovat syrjäyttäneet käsityötaitoa. Kuten myöhemmissä pohdinnoissa asiaa tarkemmin käsiteltäessä todetaan, kylmäpuristusmuottien tarve on hiipumassa. Kysynnän ja tarjonnan laki on havaittavissa tietokirjallisuudessaakin. Kylmäpuristustekniikka ei työläytensä vuoksi kiinnosta suurta lukijakuntaa, joten tilausta tai tarvetta ei ole tekniikan tallentamiselle ainakaan kaupallisessa mielessä. Oppimalla siirtynyt taitotieto, jonka tallentamiselle ei ole koettu tarvetta, on nyt vaarassa kadota.

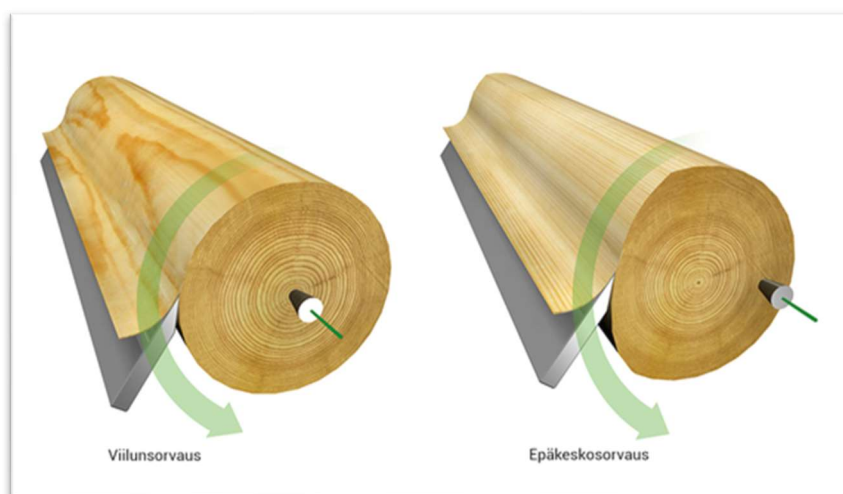
Suomi on vihreän kullan maa ja tietoa puu- ja vaneriteollisuudesta on runsaasti ja helposti löydettävissä vaikka internetistä. Vaneri on selluloosan ohella tuote, jonka valmistuksella Suomen puunjalostuksessa on pitkät perinteet. Suomi on tunnettu myös muotoilijoistaan ja arkkitehdeistään. Muotoilijoiden tunnetuimmista puutuotteista monet ovat muotopuristeita. Tietoa muotopuristeiden valmistamisesta on jonkin verran olemassa, mutta se on ripoteltu pieninä tiedonjyvinä useiden eri aihealojen teoksiin (ks. lähteet).

Tiedon kokoaminen yhtenäiseksi edellyttää kerääjältään jonkin asteista ennakkoymmärrystä asiasta sekä osaprojektien teorian tuntemusta. Kirjallisuuskatsaus kokoaa olemassa olevan taustoittavan sekä soveltavan tiedon kokonaisuudeksi ja hyödynnettäväksi yksittäisessä projektissa. Vaikka kirjallisuuskatsaus on osa teoreettista viitekehystä, on se luettavuuden kannalta järkevä irrottaa omaksi kokonaisuudekseen tässä opinnäytetyössä.

### 3.2 Viilu

Siikanen (2016, 106) määrittelee viilun ohueksi, viiltämällä valmistetuksi puulevyksi, jonka paksuus on yleensä 1,3–3 mm. Kuikka- ja Räsänen (1981, 10) määrittelevät viilun 0,7–3 mm vahvuiseksi, puusta sorvaamalla tai leikkaamalla valmistetuksi levyksi. Isomäki, Koponen, Nummela ja Suomi-Lindberg (2005, 131) määrittelevät viilun puusta sorvatuksi tai leikatuksi levyksi, jonka paksuus on 0,1–3,0 mm. Viilun paksuus siis vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan.

Viiluja valmistetaan ensisijaisesti vaneriteollisuuden käyttöön. Suomessa vanerissa käytettävän viilun valmistukseen käytetään yleensä koivua, mäntyä ja kuusta. Vanerin valmistuksessa viilu on vahvempaa ja se tuotetaan tavallisesti sorvaamalla (kuva 1). Sorvauksessa viilun pinta on yleensä levoton (ks. Kuikka & Räsänen 1981, 13), joten sorvatut viilut piilotetaan yleensä rakenteisiin. Sorvaustekniikka vaihtamalla voidaan kuitenkin vaikuttaa puun syykuviointiin esimerkiksi sorvaamalla pölliä epäkeskosti (kuvan 1 toinen esimerkki). Kirjallisuutta aiheesta on runsaasti (ks. lisää viilun sahauksesta, sorvauksesta ja leikkaamisesta esim. Isomäki ym. 2002, 131–139, Jackson, Day & Jennings 1996, 30–33, Juvonen & Kariniemi 1985, 67, Koponen 2005, 37–64, Kuikka & Räsänen 1981, 12–13, Pro Puu-Keskus ja Suomen Metsäsäätiö 2019, Square 1995, 5–10 ja Varis 2017, 55–123 ja viilun historiasta Edwards 2008).



Kuva 1 Viilun sorvaus ja epäkeskosorvaus (Pro Puu-Keskus ja Suomen Metsäsäätiö 2019)

Viilun sorvauksessa on huomioitava lukuisia seikkoja, kuten esimerkiksi sorvin teräasetteet, sorvin terien terävyys, puristusaste, puun kosteus ja puun lämpötila. Sorvaus on Koposen (2005, 44) sangen väkivaltainen toimenpide viilun irrottamiseksi pölistä. Puuaineksen onkin siksi oltava mahdollisimman plastisessa eli muokkautuvassa tilassa, joka saavutetaan ottamalla huomioon edellä mainittuja seikkoja. Viimekädessä viilun laatu on riippuvainen sorvaajan ammattitaidosta. (Koponen 2005, 45.)

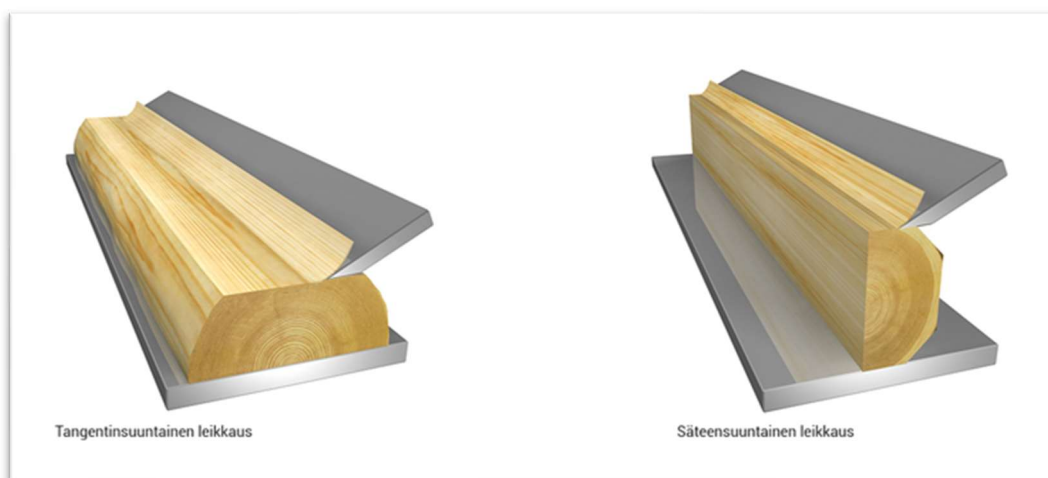
Huonekaluteollisuudessa käytetyt viilut on valmistettu yleensä leikkaamalla. Leikkaamista kutsutaan jossain kirjallisuudessa myös höyläämiseksi (esim. Siikanen 2016, 106). Isomäki ym. (2005, 131) täsmentävät huonekaluteollisuudessa käytetyn viilun paksuuden yleensä 0,6–0,7 mm vahvuuteen, koska paksummat viilut ovat halkeavat helpommin. Viilutuksessa eli viilun liimauksessa levymäisen kappaleen pinnalle käytetään Siikasen (2016, 106) mukaan yleensä 0,4–0,6 mm vahvuiseksi leikattua viilua. Hyvin ohuita 0,3 mm viiluja hän nimittää mikrobiiluiksi. Mikrobiiluja käytetään usein MDF-listojen pinnalla.

Poikkeuksena ohueksi leikattuihin pintaviiluihin on yleensä koivu, joka sorvataan 1,5 mm vahvuiseksi pintaviiluksi (Auvinen ym 2002, 127). Pintaviiluja tehdään myös sahaamalla, mutta sahaus on kallista ja harvoin käytetty suuren materiaalihukan vuoksi (Siikanen 2016, 106). Sahaamalla voidaan välttää pienet halkeamat, joiden syntyä ei voi sorvauksessa ja leikkauksessa välttää.

Muotoon taivutettaessa viilun valmistustapa on merkitsevä ja oikea liimaussuunta voidaan tunnistaa viilua taivuttamalla. Sorvatun ja leikatun viilun luontainen taipumissuunta syntyy viilun alapinnalle. Viilun alapinnan voi tunnistaa tarkastelemalla viilua silmämääräisesti tai tunnustelemalla. Alapinta on mattamaisempi ja karheampi ja sitä kutsutaan avoimeksi pinnaksi. Yläpinta on kiiltävämpi ja sileämpi ja sitä kutsutaan viilun suljetuksi pinnaksi. Käsillä taivutettaessa viilu taipuu yleensä toiseen suuntaan helpommin kuin toiseen. Taipuminen tapahtuu avoimelta puolelta, mihin on syntynyt valmistusvaiheessa venymiä ja pieniä halkeamia. Luontaista taipumaa tulee hyödyntää aseteltaessa viilua muottiin. Taipumasuunnan vastainen liimaus voi aiheuttaa ylimääräisiä jännitteitä puristeeseen ja viilu voi rikkoutua. (Square 1995, 7–9.)

Huonekaluteollisuudessa käytetään paljon jalopuuviiluja pintojen koristevehoiluun. Yleisiä puulajeja ovat tammi, pyökki, pähkinäpuu ja etenkin Suomessa koivu (ks. esim. Auvinen ym. 2002, 127, Siikanen 2016, 106, 35–38). 1900-luvun puolivälissä pintaviiluna käytettiin koivun lisäksi usein muun muassa tiikkiä, jalavaa ja mahonkia. Viilun valmistustapa vaikuttaa viilun kuviointiin (mm. Isomäki ym. 2005, 131). Viilun käyttötarkoitus vaikuttaa puolestaan kuvioinnin valintaan.

Viilun leikkaus on sorvausta kalliimpaa, joten leikattua viilua käytetään näkyvillä pinnoilla, kuten huonekaluissa ja kalusteissa. Leikkauksella saavutetaan myös ominaisuuksia, joita halvemmalla sorvaustekniikalla ei saada. Isomäen ym. (2005, 131) ja Koposen (2005, 47) mukaan leikattu viilupinta on sileämpää ja tiiviimpää, sekä leikkuutapa mahdollista ohuempien viilujen valmistamisen. Leikattu, yleensä tangentinsuuntainen (kuva 2), pinta mahdollistaa puukuvioinnin sovittamisen koristeellisten pintojen luomiseksi.



Kuva 2 Viilun leikkaus tangentinsuuntaisesti ja säteen suuntaisesti (Pro Puu-Keskus ja Suomen Metsäsäätiö 2019)

Viilun laatuun vaikuttavat puulajin sekä sorvaus-, leikkaus ja sahaustavan lisäksi viilun kuivatus. Kuivaustapa ja -nopeus ovat tärkeitä, jotta viilu ei rikkoutuisi, aaltoilisi tai kupruilisi ja jotta viiluun saataisi liimauksen kannalta tärkeä tasainen kosteuspitoisuus. Viilun kuivaus on teollisuudessa hyvin kontrolloitua ja nopeaa. Aiheesta tarkemmin esim. Baldwin 1995, 205–209, Isomäki ym. 2002, 47–81, Koponen 2005, 49–64, Varis 2017, 169–170 ja Väänänen 1985, 67.



Lopuksi viilut lajitellaan. Luokittelut ovat standardoituja. Opinnäytetyössä on käytetty esimerkiksi SFS 2413 -normin mukaista WG (IV)-laatuista koivuviilua muotopuristeen sisäviiluna. WG-laatusessa viilussa sallitaan värivikaa, värijuovia, karheutta ja kooltaan ja määrältään määriteltyjä oksia (Vanerikäsikirja 2005, 10–11). Laatu jaetaan vielä alaluokkiin. Isomäen (2005, 137) mukaan IV(WG)-laatuinen koivuvaneri soveltuu vanerituotteiden takapinnaksi ja rakenneosiin, joilta vaaditaan ainoastaan liimauksen kestävyyttä. Havupuilla käytetään omia laatunormeja ja luokitusmerkintöjä.

### 3.3 Viilu huonekaluissa

Viilujen käyttö huonekaluissa on muinainen keksintö. Varhaisimmat todisteet viilun käytöstä löytyvät jo muinaisesta Egyptistä, jossa kallisarvoista puuta on käytetty halvemman puumateriaalin päällä huonekaluissa ja sarkofageissa. Puuhuonekaluja on laminoitu viilulla todistettavasti jo kolme tuhatta vuotta sitten. Baldwin (1995, 17–19) kirjoittaa, että muinaisesta Egyptistä on löytynyt huonekalujen lisäksi piirroksia viilun valmistuksesta. Hän jatkaa, että seuraavat todisteet viilun käytöstä löytyivät ajanlaskun alun kreikkalaisista kirjoituksista, joissa kuvaillaan viilun käyttöä huonekalujen koristamisessa. Todisteita viilun käytöstä huonekaluissa löytyy jälleen 1500-luvulta, miltä ajalta on säilynyt huonekaluja. Näissä viiluja on käytetty peittämään erityisesti liitoskohtia. Sittemmin viilua on käytetty runsaasti myös upotuskoristeluna eli intarsiana koristelemaan ja kuvioimaan huonekaluja.

Viilua on pidetty yleisesti huonona materiaalina. Viilunvalmistusmenetelmät eivät taanneet tasalaatuista ja tasapaksuista materiaalia ja ajan myötä huonojen liimojen johdosta viilut irtosivat. Viilujen käyttö suurilla pinnoilla ja etenkin kaarevissa muodoissa oli vaativaa ennen tekniikan ja liimojen kehittymistä. Vasta viime vuosituhannen lopulla kiinnostus viilujen käytöstä on lisääntynyt viilun ja liimojen laadun parannuttua sekä uusien teknikoiden, kuten alipaineen eli tyhjiökäytön myötä. (Square 1995, 4.)

Viilua on käytetty suoriin ja kaareviin pintoihin, mutta vasta vanerin keksiminen 1700-luvulla mahdollisti muotopuristeet sellaisina kuin ne nyt tunnemme. Tätä ennen kaarevat muodot oli saavutettu joko veistämällä tai taivuttamalla massiivipuuta. Vanerin keksiminen ja kehitys kulkevat käsi kädessä sahateollisuuden kehityksen kanssa. Vanerirakennetta on löydetty vanhoista huonekaluista erityisesti pöytien pinnoista, mutta kyse on ollut ilmeisesti yksittäisten huonekalupuuseppien oivalluksista. He ovat todennäköisesti käytännön työssään huomanneet päällekkäin liimattujen viilujen edut ja hyödyntäneet oppimaansa huonekalujen valmistuksessa. (Baldwin, 1995, 16–17.)

Viilua voidaan käyttää pintamateriaalina nykyään lähes missä tahansa; keittiökaluksissa, lattialistoissa, lattialaminaateissa, koruissa ja puhelimien suojakuorissa. Viilun käyttö huonekaluissa on arkipäiväistä ja sitä käytetään yleisesti samaan tarkoitukseen kuin muinaisessa Egyptissä; peittämään halvempaa materiaalia, kuten lastulevyä tai mdf-levyä. Viilua käytetään vanerihuonekaluissa jopa korostaen vanerirakennetta ja puutuotteen ekologisuutta.

### **3.4 Muotopuriste ja muotopuristus**

Muotopuriste on yleinen teollisuustuote, joka valmistetaan muotopuristuksella. Huonekaluissa muotopuristaminen on taloudellista pienen puutavaran hävikin vuoksi. Rahikainen (2011, 6–7) on opinnäytetyössään ”Muotopuriste kuorirakenteena: kalusteiden keventäminen” tiivistänyt muotopuristuksen ja muotopuristeen seuraavasti:

”Muotopuristus on teknologiasidonnainen ja tekijöiltään kokemusta vaativa puunkäsittelyn valmistustapa. Puristusmuotin rakenne ja suunnitellut muodot on sovelluttava viilumateriaalin käyttäytymiseen puristusta-  
pahtumassa. Tyypillinen muotopuriste on tuolin selkänoja tai selkänojan ja istuimen yhdistelmä. Tuotteen muoto voi kääntyillä liitoksettomasti eri suuntiin muodostaen yhtenäisen tuoteosan ja yhtenäisen ilmeen. Viilupuristeen rakenteen hyviä puolia on materiaalin vähäisyys suhteessa rakenteen kestävyteen. Muodon vakaus ja lujuus ovat sekä muotopuristettujen huonekalujen että huonekalujen osien tärkeimpiä ominaisuuksia. Muotoon puristettu puutuote on joustava, muotoonsa palautuva ja luja komposiittituote.”

Liimatainen (2012, 3–6) määrittelee muotopuristuksen saannon optimointia käsittelevässä opinnäytetyössään muotopuristuksen samankaltaisesti kuin Rahikainen. Muotopuristuksessa käytettyjen hydraulitoimisten puristimien sylinterit mahdollistavat tasaisen ja tarkan puristusvoiman. Muotopuristus eroaa perinteisestä vanerin valmistuksesta siinä missä vaneri puristetaan suoraksi levyksi, muotopuriste puristetaan aina muotissa haluttuun muotoon. Vanerin valmistuksessa käytetään korkeampia lämpötiloja ja puristuspaineita kuin muotopuristeissa, joiden puristusajat ovat pidempiä.

Muotopuristeen kestävyys syntyy viilukerrosten vanerointina eli komposiittirakenteen muodostamisena. Komposiitti tarkoittaa kahden tai useamman fyysisiltä tai kemiallisilta ominaisuuksiltaan erilaisten materiaalien yhdistelmää, jossa materiaalit toimivat keskenään, mutta ne eivät ole lienneet tai sekoittuneet toisiinsa. Vanerissa komposiittirakenne muodostuu vuorottaisista viilu- ja liimakerroksista, jotka toimivat yhdessä yhtenäisenä rakenteena. Lopullisen tuotteen lujuus riippuu käytetystä liimasta, viilukerrosten määrästä ja käytettyjen viilujen paksuudesta. Lujuuteen vaikuttaa myös ladontatapa, eli kerrosten puuaineksen syysuunnan vaihtelu. Puunsyiden ristikkäin asettelu vahvistaa puristetta, samansuuntaisesti asetettuina puriste saadaan muistuttamaan massiivipuuta. (ks. Kontinen ym. 1992, 156, Kuikka & Räsänen 1981, 169 ja Rahikainen 2011, 6.)

Viiluista tehty muotopuriste ymmärretään usein hydraulitoimisella puristimella muotoon puristetuksi tuotteeksi. Auvisen ym. (2002, 140–141, 177) mukaan huonekaluteollisuudessa yleisellä muotopuristamisella kaarevuus saadaan aikaan yhdellä työvaiheella, mikä laskee tuotteen valmistuskustannuksia. Muotopuristeesta puhuttaessa on kyse muotin käytöstä viilujen liimauksessa, kun vanerin valmistus on levyn mallisten puristeiden valmistamista.

Teollisessa tuotannossa yleisimmin käytetyt muotopuristustekniikat ovat suurtaajuuspuristus ja kuumapuristus. Lämmittämisellä saadaan nopeutettua liiman kuivuminen ja kovettuminen jopa kymmeneen sekunteihin. Suurjaksogeneraattori kehittää lämmittävän sähkökentän muottikappaleiden pintoihin (Auvinen ym. 2002, 177). Kuumapuristuksessa lämpö tuotetaan puristimessa

olevilla vastuksilla ja tuotantotapa on hitaampi kuin suurtaajuuspuristimella. Metallimuotti voidaan lämmittää sisäpuolelta esimerkiksi sähköllä ja höyryllä (Kuikka & Räsänen 1981, 167.)

Kylmäpuristetekniikalla tehdään usein pieniä kappaleita, joita voi puristaa liima- paineilma- tai hydraulipuristimilla. Kylmäpuristustekniikalla tarkoitetaan siis muotopuristeen tekemistä muoteilla tavalla, jossa puristus jatkuu yleensä huoneenlämmössä liiman kuivumisen ja kovettumisen ajan. Kapeissa muodoissa muotti ja puristaminen on yksinkertaista ja niissä käytetään tavallisia kiskopuristimia tai erilaisia paineilma- tai hydraulisia puristimia. (Opetushallitus 2003.)

Toinen yleinen, ja erityisesti pienten tuotantoerien, menetelmä on tyhjiö- tai alipainetekniikka. Viilut asetetaan muotin päälle tyhjiöpussiin ja pussin sulkeamisen jälkeen ilma imetään pois. Alipaine saa aikaan tasaisen puristuksen ja painaa viilut muottia vasten. Muotteja käytettäessä suurin vaikeus on saada puristusaine kohtisuoraan pintaa vasten. Alipaineella puristettaessa paine jakautuu tasaisesti koko pinnalle. (Kuikka & Räsänen 1981, 170.) Vakuumin etuna on, että muottikappaleita vaaditaan vain yksi eikä puristukseen tarvita kallista hydraulipuristinta tai lukuisia liimapuristimia. Menetelmällä ei saada kuitenkaan niin kovaa puristusta ja tarkkaa puristusvoimaa kuin hydraulipuristimella.

Tietoa löytyy alipaineventtiilien kasauksesta ja muotin valmistuksesta yksityiskohtaisesti jo 1980-luvun kirjallisuudesta. Bjorkman (1985, 92–97) kertoo laajasti alipainetekniikasta ja muotin sekä muotopuristeen valmistuksesta. Bjorkmanin artikkeli löytyy puun taivutusta käsittelevässä kokoomateoksessa ”Fine Woodworkin on Bending Woods”. Teos on koottu puun taivutukseen liittyvistä toimittaja-artikkeleista, ja kylmäpuristustekniikkaa ei käsitellä teoksessa lainkaan. Voidaan olettaa, että viimeistään 1980-luvulla alipainetekniikka eli vakuumin käyttö syrjäytti kylmäpuristemuotin käytön pienissä tuotantomäärissä ja yksittäiskappaleiden valmistuksessa.

### 3.5 Puristusmuotti

Opetushallituksen internetsivuilla on julkaistu yleistietoa puristusmuotin valmistuksesta ja puristamisesta. Kylmäpuristusta ei tässä lähteessä käsitellä tarkemmin, mutta tämä oli kattavin aihetta käsittelevä suomenkielinen lähde. Opetushallituksen puutuoteteollisuutta käsittelevä internetsivusto on julkaistu vuonna 2003 ja päivitetty viimeksi 2004. Sivuston osoite on: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/>. Sivustolle on koottu paljon tietoa puutuoteteollisuudesta, puulajeista, puutuotteista ja puun jalostuksesta ja se on kattavin opinnäytetyön aihetta sivuava julkaisu. Puristusmuotteista ja muotoon taivutuksesta on koottu tietoa otsikon ”Käsityövaltainen pienteollisuus” alle. Koska internet-sivustoa ei ylläpidetä, siellä oleva tieto on vaarassa kadota.

Käsityövaltaisessa pienteollisuudessa muotopuristuksessa voidaan käyttää erilaisia muotteja, kuten yksipuolisia, kaksipuolisia tai useasta kappaleesta koostuvasta monimutkaisia muotteja. Yksipuolisia muotteja käytetään yleensä käsipuristimien kanssa, joilla liimattavat viilut puristetaan muottia vasten. Yleensä kyse on yksittäiskappaleista ja pienistä puristeista tai suuremmissa puristeissa sellaisista kappaleista, joissa toisen kappaleen valmistus olisi vaikeaa. (Opetushallitus 2004.) Yksipuolisten kaksoiskaarevien, eli moneen suuntaan taipuvien, muotopuristeiden pienimuotoinen valmistus toteutetaan usein vakuumi eli alipainetekniikalla (ks. edellinen luku 3.4 Muotopuriste ja muotopuristus).

Muotopuristuksessa kaksipuoleinen muotti koostuu ylä- ja alakappaleesta. Muotin kappaleet ovat muodoltaan peilikuvia toisistaan (Liimatainen 2012, 6). Kylmäpuristuksessa kannattaa suosia kaksipuoleista muottia, sillä muotti puristaa viilunippua molemmilta puolilta. Muotin valmistus edellyttää suunnittelua ja tarkkuutta erityisesti muottien välin eli välyksen valmistuksessa, jotta puristusvoima saadaan kohdistettua tasaisesti. Kaksipuoleinen muotti on aina mitoitettava 10–20 mm leveämmäksi kuin valmis kappale ja taivutettavat viilut muotin kokoisiksi. (Opetushallitus 2004.)

Muotti on yleensä työstetty vanerista CNC-jyrsimellä haluttuun muotoon. Puristeen vahvuus (kappaleen paksuus) muodostaa muottikappaleiden välyksen. Muottikappaleiden välys muodostuu puristeen, teräslevyn ja suojamuovin yhteisvahvuudesta. Millimetreinä tai niiden kymmenyksinä edellytetty mittatarkkuus tekee CNC-jyrsimestä lähes välttämättömän etenkin monimutkaisissa muodoissa. Muotin teko ja muotopuriste onnistuvat toki taitavalta puusepäältä ilman CNC-jyrsintäkin, kuten Mannelinin kuvasta voidaan todeta (kuva 3).



Kuva 3 Huonekalu- ja rakennustyötehdas Korhonen. Työkuva. Muotopuristeiden tekoa. Kuvaaaja Mauno Mannelin. Kuvattu 1930-luvulla. (Finna.fi 2020a.)

Puumuottien pinta kuluu pian ja elää aina vähän. Kun muotin pinta päällystetään teräspellillä, haitta pienenee pinnan pysyessä tasaisena. Muotissa voidaan käyttää myös huopakerrosta. Kupari ja messinki ovat parhaita metalleja muotteihin, koska ne eivät ruostu teräksen lailla. Muotti voi olla myös muovista tai metallista. Puumuotteja käytetään pienten tuotantomäärien valmistamisessa, kun taas metallimuottien käyttö tulee edullisemmaksi suurissa tuotantoerissä. (Kuikka & Räsänen 1981, 167.)

Muotin valmistustapa määräytyy siis tarpeen mukaan. Muotin tulee kestää puristuspainetta, kosteutta ja yleensä lämpöä. Kestävän liimaussauaman edellytyksenä on saada liimattavat pinnat tarpeeksi lähelle toisiaan liiman kovettumisvaiheessa. Hydraulisilla laitteilla saadaan aikaiseksi suuria paineita. Sopiva puristusaine valitaan liimatyyppin, kovettumistavan ja puulajin perusteella. (Isomäki ym. 2005, 119–120.) Tavoitteena on pyrkiä mahdollisimman alhaiseen paineeseen, jotta puu painuisi kokoon mahdollisimman vähän. Yleensä puristusaine on kuitenkin soveltuvaa vähimmäispainetta korkeampi, sillä korkea puristusaine merkitsee yleensä lujempaa liitosta ja pienempää liiman menekkiä. (Koponen 1989, 89.)

Muotin valmistuksessa on huomioitava myös puristeen palautuminen eli puristeen muodon muuttuminen liimauksen ja puristamisen jälkeen. Muodon muutokseen vaikuttavat kaksi voimaa. Ensimmäinen voima, viilujen sisäisen jännitteen voima, pyrkii oikaisemaan yksittäiset viilut. Toinen voima, viilun turpoaminen liiman kosteudesta, pyrkii taivuttamaan kappaletta lisää. Toisen voiman vaikutus vähenee kappaleen kuivuessa. (Opetushallitus 2004.)

Puristeen muodon muuttumiseen vaikuttaa moni seikka. Puulaji, syysuunta, liima ja sen määrä, puristusaika ja -menetelmä, taivutuksen säde ja kulma, sälepaksuus ja puun kosteus. Muutoksen suuruus on aina ennalta-arvaamaton, vaikka muotopuristeita tuotettaisi tuhansia. Jokainen puriste on yksilö. Yleissääntönä voidaan kuitenkin pitää, että loivat kaaret paksuista viiluista tehtyinä pyrkivät oikeenomaan. Jyrkät kaaret ohuista viiluista valmistettuna menevät suppuun. (Opetushallitus 2004.)

### **3.6 Viilun liimaus**

Liimaus on puusepänteollisuuden jatkojalostuksessa keskeinen prosessi, toteavat Suomi-Lindberg & Viitaniemi (2001, 8). Isomäki ym. (2005, 111) jatkaa, että liimaus on puuteollisuudessa paitsi käytetyin, myös nopea ja edullinen liitöntäntätapa. Liimausmenetelmiä ja liimatyyppejä on useita, joten liiman käyttömahdollisuudet ovat runsaat. Ratkaisevaa liiman ja liimausmenetelmän valinnassa on lujuus- ja kestävyysominaisuuksien lisäksi kosteuden, veden ja säänkestävyys, joiden mukaan liimoja luokitellaan. Liimoja luokitellaan myös

kovettumistapojensa perusteella (ks. tarkemmin liimojen luokittelusta mm. Frihart 2005, 218–220, Isomäki ym. 2005, 121–123, Koponen 1989, 41–81, Kuikka & Kunelius 2002, 130–135, Opetushallitus 2004, Pro Puu-Keskus ja Suomen Metsäsäätiö 2019, Suomi-Lindberg & Viitaniemi 2001, 14–19).

Liimauksessa on otettava huomioon käytetyn liiman sekoitustapa ja -tarve, liiman määrä, viskositeetti eli liiman juoksevuus, liiman avoin aika, joka määrää työskentelyajan ennen liiman kovettumista, liimauksen levitystapa ja liimattavien pintojen kosteus. Teollisessa tuotannossa pitkät puristusajat ovat usein ongelma. Puristusaikojaa voidaan pääsääntöisesti lyhentää käyttämällä lämpöä. Lämpötiloja voidaan nostaa hyvinkin korkeiksi ja lyhentää liiman kovettumisaika minuutteihin, joten puristusajan lyhentyessä tuotantomääriä voidaan kasvattaa. (Suomi-Lindberg & Viitaniemi 2001, 8.) Perinteisillä kylmäpuristemuoteilla puristusaika on tunteja tai jopa vuorokausia.

Yleisimmin käytettäviä liimoja muotopuristuksessa ovat polyvinyylisetaatti-liima eli PVAc-liima, joka tunnetaan yleisesti valkoisena puuliimana, sekä urealiima. Pieniin ja kapeisiin kappaleisiin värjäämätön ja kuivuessaan värittömäksi muuttuva PVAc-liima on sopiva. Liima kovettuu nopeasti. Liima tuo puristeeseen paljon kosteutta, joten puristeeseen on annettava kuivua hyvin ennen muotin avaamista. Jos muotti avataan liian aikaisin, puriste saattaa muuttua muotoaan täysin hallitsemattomasti. (Opetushallitus 2004.)

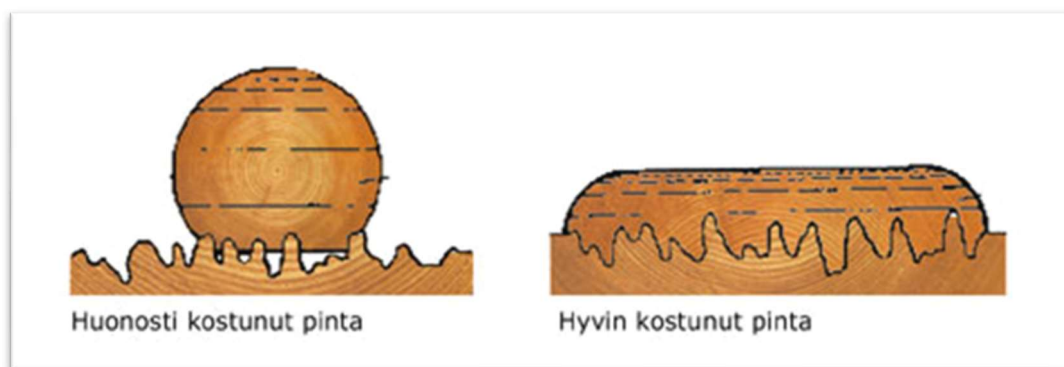
Leveissä puristeissa tarvitaan enemmän työskentelyaika liiman levitykseen, viilujen latomiseen ja puristeeseen asettamiseen. Tällöin käytetään tavallisesti lämpökovettuvia urealiimoja, joilla työskentelyaika on useita tunteja. Urealiimaa käytetään yleensä kuumapuristuksissa, mutta nämä lämpökovettuvat liimat kuivuvat myös huoneenlämmössä. Kuivumisaika ilman lisälämpöä on noin 1–2 vuorokautta. Teollisessa tuotannossa käytetään vastus- tai suurtaajuuskuumennusta, jolloin urealiima kovettuu minuuteissa. (Kuikka & Räsänen 1981, 68–69 ja Opetushallitus 2004.)



Kylmäpuristustekniikalla valmistetuissa muotopuristeissa voidaan käyttää sekä urealiimaa että PVAc-liimaa, tai näiden yhdistelmiä. Molemmat liimat ovat pääsääntöisesti vesiliukoisia. Urealiima saatetaan käyttökuntoiseksi lisäämällä vettä liimajauheeseen ja sekoittamalla. Vettä voi lisätä myös PVAc-liimaan nostamaan sen viskositeettiä eli juoksevuuutta. Viskositeetin muuttaminen voi heikentää oleellisesti liimauskykyä, joten raja-arvot on tunnettava liimakohtaisesti.

Liimoihin voidaan lisätä erilaisia täyteaineita ja kemikaaleja muuttamaan niiden kemiallista koostumusta, jotta liimasta tulisi esimerkiksi veden- tai säänkestävä. Yleisesti voidaan todeta, että PVAc-liima tuo liimaukseen elastisuutta eli joustavuutta, mutta liiman työstöaika on lyhyt. Urealiimalla liimataan yleisesti kuiviin sisätiloihin tulevia tuotteita ja pitkä avoin aika, eli aika, joka vaaditaan liiman kovettumiseen, mahdollistaa monimutkaisten ja moniosaisten muottien käytön. (Mm. Heikkilä 1985, 116–123, Koponen 1981, 37–43, Kuikka & Kunelius 2002, 120–128, Väänänen 1985, 114–115.)

Riippumatta siitä käytetäänkö urealiimaa vai PVAc-liimaa tai niiden yhdistelmää, liiman oikea levitysmäärä on liimauksen onnistumisen kannalta tärkeää. Oikea levitysmäärä on yleensä 150–200 g/m<sup>2</sup>. (mm. Kuikka & Räsänen 1981, 168–169.) Liiallinen liima kostuttaa viiluja ja heikentää liimausta (kuva 4, s. 26). Liian vähäinen liima tekee liimauksesta myös helposti murtuvan. Molemmat liimat on levitettävä tasaisesti vahvan liimasauman muodostumiseksi. Molemmat liimat reagoivat myös lämpöön. Lämpötilan nosto nopeuttaa liiman kuivumisprosessia. Molemmilla liimoilla pitkä puristusaika tuottaa vahvemman liitoksen, joten jos puristetta on mahdollisuus pitää muotissa kauemmin kuin liiman minimikuivumisajan, liimauksesta tulee pääsääntöisesti vahvempi. (Mm. Isomäki, ym. 2005, 120-123, Koponen 1981, 41-100, Kuikka & Kunelius 2002, 68-73, 107-135, Opetushallitus 2004, Pro Puu-Keskus ja Suomen Metsäsäätiö 2019.)



Kuva 4 Liiman epäonnistunut ja onnistunut levitys. Liimauksen onnistumiseen vaikuttavat mm. liima, levitystapa, viskositeetti, pinnan kosteus ja lämpötila. (Pro Puu-Keskus ja Suomen Met-säsäätiö 2019.)

Liimauksesta ja liimoista on saatavilla huomattava määrä kirjallisuutta. Liima- ja vaneriteollisuus ovat tuottaneet paljon tutkimuksia ja kirjallisuutta on hel- posti löydettävissä useilla kielillä julkaistuna. Suomeksi löytyy lukuisia opin- näytetöitä ja pro graduja, jotka käsittelevät liimoja ja liimausta tai sivuavat niitä. Esimerkiksi ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden ja julkaisujen yhtei- sestä Theseus-tietokannasta (Theseus 2020) löytyy 1147 viittausta hakusa- nalla ”vaneri” ja 2452 viittausta hakusanalla ”liima”, Finna.fi-palvelusta (Finna 2020) eli Suomen museoiden, kirjastojen ja arkistojen aineistojen kootusta in- ternet-palvelusta löytyi ”vaneri”-sanalla yhteensä 345 opinnäytetyötä (sisäl- täen eri koulutusasteet, kuten väitöskirja, pro gradu, amk, ylempi amk, kandi- daatti jne.) ja ”liima”-sanalla 631 opinnäytettä. Liimanvalmistajilta löytyy tuote- kohtaisia opetusvideoita ja oppaita (ks. mm. AzkoNobel 2020, Erikeeper 2020, Kiilto 2020, Celanese 2020, Kleiberit 2020).

Vaikka liimoista löytyy paljon tutkittua tietoa, materiaalituntemus syntyy vasta kokemuksen kautta. Liimojen käyttäytymistä eri kosteus- ja lämpötilaolosuh- teissa, erilaisina levitysvahvuuksina ja reaktioita eri liimattavien materiaalien kanssa voi oppia vain kokeilemalla. Liimojen valmistajat asettavat liimoilleen erilaisia viitearvoja, mutta todellisen onnistumisen saavuttaa vain kokeilemalla. Liimojen ainesosat ovat salaisia, joten saman tyyppiset liimat voivat käyttäytyä eri tavoin liiman valmistajasta riippuen.

### 3.7 CNC-jyrsintä

Ensimmäinen CNC-kone otettiin käyttöön Yhdysvalloissa 1952 ja Suomessa Tampereella 1962 (vrt. Näppä 2009, 7). CNC-koneistus on tietokoneohjattua koneistusta eli tuotteiden ja työkalujen valmistusta tietokoneohjatulla CNC-koneella. CNC muodostuu englanninkielisistä sanoista Computer Numerical Control eli tietokoneohjausta yksinkertaisilla symboleilla. CNC-laitteilla kappaletta voidaan valmistaa yksittäin tai sarjatuotantona. Tasalaatuisuus ja tarkkuus ovat avainsanoja CNC-koneistuksen yhteydessä. (Helapaja, 2018.) CNC-ohjattuja laitteita on muitakin kuin CNC-jyrsin, jossa työstötekniikka on yläjyrsintekniikkaa. CNC-jyrsimellä päästää tarkkuuteen, mikä ei ole käsivaraisella sahauksella, esimerkiksi vannesahalla, mahdollista (Auvinen ym. 2002, 97–100.) Opinnäytetyössä CNC-viittaukset tarkoittavat jatkossa CNC-jyrsintä.

CNC-tekniikan mitoittamisessa on tiedettävä kaikki työstötapahtumat etukäteen, koska tapahtumat kirjoitetaan koodeilla tietokoneohjelmaan valmiiksi (Näppä 2009, 9). CNC-koneistuksessa käytetään tietokoneohjelmia jyrsimen ohjaamiseksi ja ohjaavien ohjelmien tekemistä kutsutaan CAM-ohjelmoinniksi (Computer Aided Manufacturing). CAM-ohjelmistolla luodaan jyrsimelle geometriaan perustuva ohjelma tarvittavista työstöradoista ja liikenopeuksista (ks. Porkola 2015, Otamedia 2003.)

CNC-jyrsintekniikan soveltaminen käyttöön perustuu tietoon siitä, kuinka työ tehdään ja mitkä ovat kunkin työn tarvitsemat työstöt huomioiden raaka-aineen ominaisuudet. Ohjelmoijan tulee hallita työstön perusasiat ja lainalaisuudet, jotta toimintoja ohjaavat koodit voidaan syöttää oikeassa järjestyksessä käyttäen sopivia jyrsinteriä ja mittoja. Tekniikka antaa vain lisää erilaisia työkaluja työn tai työvaiheiden toteuttamiseen. (Auvinen ym. 2002, 95.) CNC-jyrsimen käyttö nopeuttaa ja helpottaa työtä, mutta onnistuminen edellyttää sitä käyttävän koneenhoitajan ammattitaitoa.

Koneistus on erinomainen menetelmä silloin, kun halutaan työstää puun tai vanerin muotoja – esimerkiksi erilaisten mutkien ja kurvien tekeminen puu- tai vaneritavaraan onnistuu tällä tavoin erittäin helposti. Muun muassa aaltomaiset ja mutkittelevat muodot on mahdollista toteuttaa juuri tätä menetelmää

käyttäen. (Laatuvaneri 2018.) CNC-jyrsin mahdollistaa monimutkaistenkin kaksoiskaarevien muottien mittatarkan valmistuksen yhtä lailla kuin muotilla tehtyjen aihoiden sahaamisen ja työstön lopulliseen, haluttuun muotoon (ks, Opetushallitus 2004).

### **3.8 Muotopuristehuonekalut Suomessa**

Teollistuminen alkoi Suomessa 1800-luvun lopulla. Sen vaikutus huonekalujen valmistukseen alkoi Laakkosen (1993, 8–9) mukaan vasta 1930-luvulla, jolloin huonekalujen sarjatuotanto alkoi. 1930-lukua pidetäänkin suomalaisen muotoilun huippukautena. Koneellinen tekniikka ei ollut tuolloin vielä kovin kehittyntä. Huonekalujen valmistuksen oli sovittava olemassa olevaan konetyöhön. Käytännössä tämä tarkoitti huonekalujen muotoilun yksinkertaistumista ja rikkaiden barokki- ja rokokoovaikutteisten muotojen syrjäytymistä. Huonekalujen sarjatuotantotyö oli syntynyt. Samalla, kun tuotantomäärät kasvoivat, niin huonekalujen hinta laski. Ajatus huonekaluilla sisustamisesta levisi koko kansan pariin. (Laakkonen 1993, 8–10.)

Suomalainen muotoilu ja koivumateriaali saavuttivat myös kansainvälistä huomiota. Tunnetuimpia lienevät Alvar Aallon 1930-luvulla suunnittelemat legendaarisiksi nousseet koivuhuonekalut, jotka hän suunnitteli Paimion parantolaan (kuva 5, s. 29). Paimio-tuoli oli ensimmäinen teollinen muotopuriste, jossa yhdistyi joustavuus ja taivutettu vaneri yhdistyivät. (Niemi 2015, 184–188.)

Alvar Aalto oli muotoon puristettujen huonekalujen valmistuksen uranuurtaja 1920-luvulta lähtien. Aalto oli teknisesti perehtynyt kalustesuunnitteluun ja käytti puuta kekseliäästi. Hän kehitti yhdessä tehtailija-puuseppä Otto Korhosen kanssa myöhemmin patentin saaneita laminointi- ja taivutusmenetelmiä. Muotopuristuksella oli mahdollisuus saavuttaa esteettisesti kauniita ja kestäviä huonekaluja. Puu oli myös isänmaallinen ja suomalaisuutta korostava valinta. (Korvenmaa 2009, 99-116.). Nyttemmin puun käytössä korostuu myös ekologisuus.



Kuva 5 Työkuvaa. Paimion parantolassa käytetyn nojatuolin istuinosaa hiotaan Huonekalu- ja rakennustyötehdas Korhosen tehtaalla. Kuvaaja Mauno Mannelin. Kuvattu 1930–1939. (Finna.fi 2020b.)

Alvar Aallon lisäksi tunnettuja suomalaisia suunnittelijoita ja muotopuristeiden käyttäjiä ovat olleet muun muassa Ilmari Tapiovaara, Ilmari Lappalainen, Erik Bryggman, Eero Saarinen, Olof (Ola, Olavi) Kettunen, Kurt Hvitsjö, Olof Otte-  
lin ja Yrjö Kukkapuro. Tunnetuimpia muotopuristehuonekalujen valmistajia ovat kansainvälisestikin tunnetut Artek (johon mm. Korhosen huonekalutehdaskin sulautui), Isku (ent. Lahden puukalusto), Asko (ent. Lahden puuseppätehdas), Vilka, Keravan puutyö (Ilmari Tapiovaaran oma huonekalutehdas), Merivaara, Lahden Puutyö ja sodan jälkeen aloittanut Martela.

## 4 TUTKIMUSRAPORTTI

### 4.1 Lapinjärven tuoli

Opintojen aikana restauroijaopiskelijat vierailivat useissa kohteissa. Yksi näistä oli Lapinjärven kirjasto. Kirjaston henkilökunnan taukotilassa huomiota herätti muotoilultaan mielenkiintoinen tuoli. Tuoli oli kepeästä ulkomuodostaan huolimatta odottamattoman mukava ja tukeva istua. Kiinnostus heräsi rekonstruoida eli tehdä kopio ”Lapinjärven tuoliksi” nimetystä istuimesta.

Vastaavanlaisesta tuolista etsittiin tietoa Internetistä sekä selailemalla kirjoissa huonekaluista ja muotoiluista kertovia teoksia. Lapinjärven historiaa on kirjattu vuosisatojen varrelta, mutta tiedonhankinta kohdistui muotopuriste-osaamiseen aikakauteen 1930-luvusta eteenpäin ja mahdollisiin tietoihin paikkakunnalla vaikuttavista muotoilijoista tai puusepistä. Mitään sellaista tietoa, mikä viittaisi tuolin suunnittelijaan, valmistajaan tai tuolin valmistuspaikkaan ei löytynyt.

Ainoa Lapinjärven tuolia muistuttava tuoli on Olof Kettusen 1900-luvun puolivälissä suunnittelema Ulla-tuoli (kuva 6), tuoli 706, mutta sen mitat eivätkä rungon rakenne vastaa Lapinjärven tuolia (kuva 7, s. 31). Tuolia valmisti 1950-1960-luvulla Merivaara Oy (kuva 8, s. 31). Kettusen tuoli 706 on kuitenkin voinut olla inspiraation lähde Lapinjärven tuolin tekijälle – tai toisinpäin.



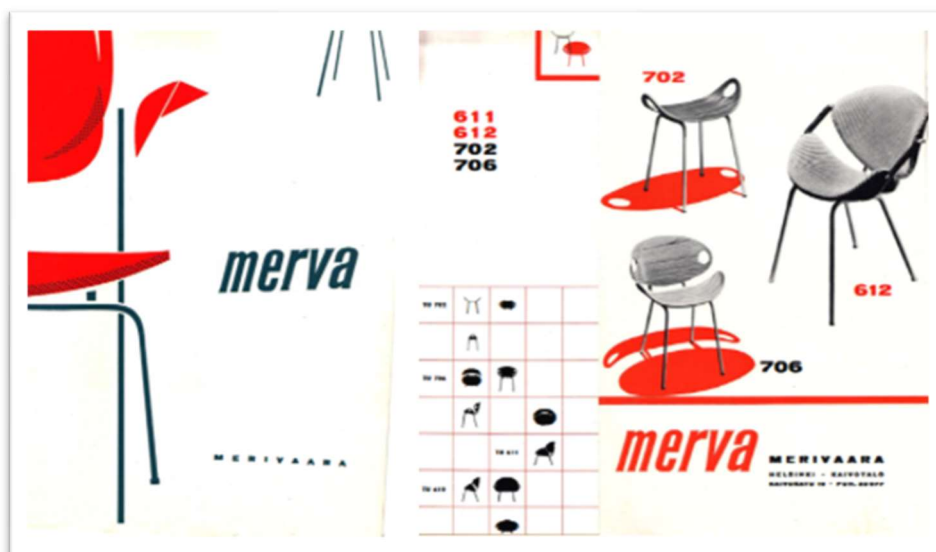
Kuva 6 Tuoli 706 "Ulla", suunnittelija Olof Kettunen. Kuva, muokattu: Bukowskis 2016 (Bukowskis 2018)

Tuolissa 706 runko muodostuu kahdesta ulospäin kallistuvasta jalkaparista sekä erillisestä yhtenäisestä selkäkappaleesta. Tuolin leveys on 53 cm. Selkänoja on kiinnitetty jalkoihin ruuveilla. Yksi tukiputki yhdistää jalat ja selkänojan rungoksi. Muotopuristeiden kiinnitys on ruuveilla. Ruuvit on porattu muotopuristeiden läpi runkoon. Ruuvin kannat ovat istuin- ja selkäpinnassa näkyvillä.



Kuva 7 Lapinjärven tuoli (Köckritz 2018)

Lapinjärven tuolissa runko muodostuu kahdesta taivutetusta putkesta, jotka muodostavat etujalan ja selkänojan. Tuolin leveys on 48 cm. Takajalka on hitsattu viistosti istuimen alle. Osat on hitsattu toisiinsa kahdella tukiputkella. Muotopuristeet on kiinnitetty ruuvein. Istuinosan ja selkänojan käyttöpinnat ovat eheät.



Kuva 8 Merivaaran tuote-esite (Issuu 2018)

Kettusen ja Lapinjärven tuoleissa on kuitenkin selkeitä samankaltaisuuksia. Kapeasti istuimen alle sijoitetut jalat ja muotopuristeiden sijoittelu putkirunkoon, ovat samankaltaiset kuin Lapinjärven tuolissa. Muotopuristeiden pyöritys, erilainen kiinnitystapa sekä putkirunkorakenne poikkeavat Lapinjärven tuolista, joten kyseessä on kaksi eri tuolia. Lapinjärven tuolin patina vahvistaa muotokielen lisäksi empiriaan pohjautuvaa käsitystä tuotteen valmistusajankohdasta. Se on helppo sijoittaa samaan aikakauteen Kettusen Ulla-tuolin kanssa eli 1950-1960-luvuille.

Lapinjärven tuoliin ei ollut lupaa tehdä tutkimuksia kuin silmämääräisesti. Rekonstruktion teon kannalta tämä oli kuitenkin riittävää, etenkin kun kiinnostus kohdistui erityisesti muotopuristeen tekoon muotilla. Tuoli oli todennäköisesti tehty aikakauden mukaisesti kylmäpuristemuotilla ja tuolin rekonstruktio tehtiä samalla valmistusmenetelmällä.

Lapinjärven tuolin muotopuristeosat olivat silmämääräisesti arvioiden teollista tuotantoa. Viilukerroksia oli yhteensä seitsemän ja pintaviilut olivat jalavaa tai tiikkiä. Muotopuristeet olivat kiiltäviksi lakattuja, tasalaatuisia, tasavahvuisia ja työn jälki laadukasta. Muotopuristeissa käytetty muotti on ollut mittatarkka ja symmetrinen. On todennäköistä, että muottia on käytetty usean kappaleen tekoon. Viitteitä vastaaviin tuoleihin ei kuitenkaan löytynyt, joten väite perustuu ainoastaan olettamaan. Mahdollista on, että kyseessä on ollut koe-erä tai tuotanto ei ole esimerkiksi taloudellisista syistä koskaan käynnistynyt.

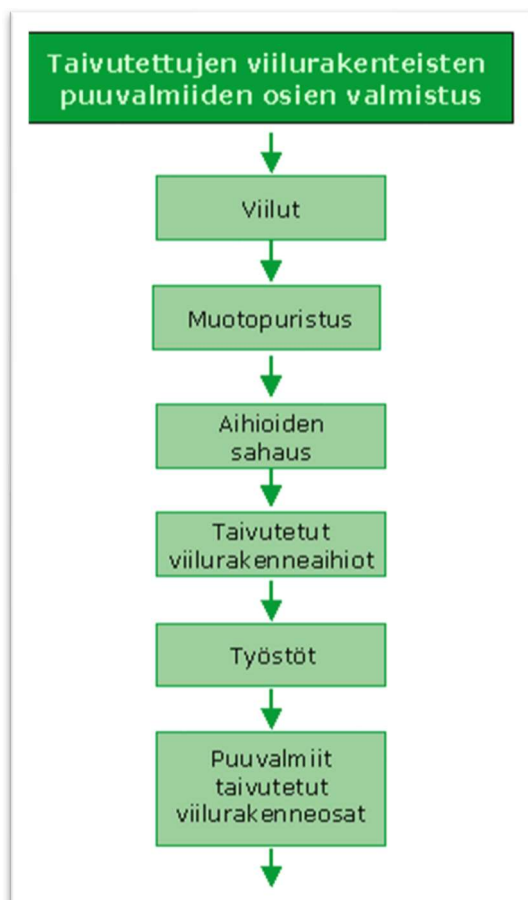
Tuolin runko ei sopinut laadultaan puuosiin. Se oli karkeasti tehty ja hitsaus viimeistelemätöntä. Talttapäisiä uppokantaruuveja ei ollut senkattu, eli upotettu. Ruuvikiinnitys oli poikkeuksellinen ja vaikeasti toteutettavissa, sillä se ei lävistänyt istuinosaa tai selkänöjää. Selkänöjässä on havaittavissa hyvin korjatut ylimääräiset kiinnitysjäljet. Aiemmat kiinnitysjäljet saattoivat olla merkki siitä, että tuoli on rakennettu mahdollisesti kahdesta tuolista tai jakkarasta, tai että selkänöjää oli aluksi yritetty kiinnittää istuinosan paikalle. Jos Lapinjärven tuoli olisi koottu kahdesta eri tuolista, ei vastaavaa tuolia olisi löydettävissä. Tuoli saattaa siis olla ainoa laatuaan.



## 4.2 Suunnittelu ja piirrokset

Vanhan sanonnan mukaan hyvin suunniteltu on puoliaksi tehty. Rekonstruktion valmistamisen suunnittelu edellytti alkuperäisen tuolin dokumentointia. Tämä tehtiin tutkimalla tuolia silmämääräisesti, valokuvaamalla, mittaamalla sekä lopuksi mallintamalla tuoli digitaalisesti. Mallintamisessa käytettiin Rhinoceros 6 -piirrosohjelmaa. Digitaalinen mallintaminen oli välttämätöntä, koska CNC-jyrsimen ohjelmointi edellyttää mallinnusta.

Tuolin tarkastelu oli tehtävä yksityiskohtaisesti ja samalla pohtien kunkin tuolin osan valmistustapaa. Suunnitelma rekonstruktion työvaiheista (vrt. kuva 9) ja tarvittavan materiaalin määrästä eteni tarkastelun myötä. Koska rekonstruktion teko edellytti puu- ja metallitöitä, istuinosien ja rungon valmistaminen oli mahdollista suunnitella samanaikaisesti toteutettavina erillisinä projekteina.



Kuva 9 Taivutettujen viilurakenteisten puuvalmiiden osien valmistuskaavio (Opetushallitus 2004)

Dokumentoinnissa Lapinjärven tuolin istuinosat havaittiin teollisesti tuotetun näköisiksi. Tuolin putkirunko poikkesi tästä teollisesta ilmeestä ollen hieman epäsymmetrinen ja rujosti hitsattu. Rekonstruktion istuinosat oli saatava näyttämään teollisesti valmistetulta. Putkirunko ei vaatisi tarkkaa viimeistelyä vaan hitsausseamat saisivat jäädä näkyviin.

Istuinosien teollinen ilme oli saavutettavissa käyttämällä CNC-jyrsintä. Muotin ja muotopuristetun aihion leikkaaminen CNC-jyrsimellä mahdollistaa mittatarkkojen ja keskenään identtisten osien valmistamisen. Vaihtoehtona pohdittiin vannesahan käyttöä muotin valmistamisessa ja valmiiden puristeiden viimeistelyssä. Lopputuloksessa olisi todennäköisesti näkynyt käsityön jälki, mikä ei vastannut tavoiteltua rekonstruktion ilmettä.

Metallirunko taivutettaisiin ja hitsattaisiin käsin, jolloin odotettavissa oleva tulos olisi myös käsintehtyn näköistä. Lapinjärventuolin putkirungon hitsausseamat olivat melko ronskit ja selvästi käsin hitsatut. Jalkojen taivutusten siisteys eli putken venymän tasaisuus viittasi siihen, että taivutuksessa on käytetty apuohjainta (jigiä) tai taivutinta, mutta pienet mittaerot puolestaan osoittivat, että kyseessä ei todennäköisesti ollut tehdastuotanto. Istuimen alla olevat kaksi tukiputkea olivat jäljistä päätellen taivutettu vääntämällä ne todennäköisesti käsin ruuvipenkissä.

Mittaaminen osoittautui yllättävän hankalaksi, sillä tuolin runko oli käytössä hieman vääntynyt. Kaikki tuolin osat olivat pyöreitä tai kaarevia, mikä hankaloitti mittaamista. Mittaamisessa oli siten hyväksyttävä epätarkkuus. Rekonstruktion teossa käytettäväksi mitaksi valittiin mittaustulosten keskiarvo. Jokainen mitattava kohta mitattiin vähintään kolme kertaa, josta keskiarvo laskettiin.

Putkirungon pituusmitat otettiin seuraamalla putken keskilinjaa. Mitta varmistettiin ottamalla mitat putken ylä- ja alapintaa pitkin. Mittaustulosten vaihtelua aiheutti putken pyöreän muodon lisäksi se, että tuolia ei ollut lupa purkaa osiin. Tekstiilitöissä käytettävä mittanauha soveltui kaarevien putkien mittamiseen parhaiten, mutta sen mittatarkkuus ei täytä metallitöissä yleisesti käytettyjen tarkkojen mittojen vaadetta.

Jalkojen ja muiden rungon kulmien mittaamista kokeiltiin mittaamalla astemittalla, yrittämällä piirtää putken kulmia kopioimalla suoraan paperille sekä käyttämällä kolmiomittausta. Kolmiomittaus soveltui lopulta parhaiten astelukujen määrittämiseksi. Koska esimerkiksi tuolin jalat eivät olleet tarkalleen saman mittaisia, tarkoituksenmukaisinta oli käyttää jälleen mittatulosten keskiarvoa.

Mittaamalla saavutetut taivutuskulmat olivat lähtökohtaa koetaivutuksilla. Taivutettaessa huonekaluputkea putki palautuu aina jonkin verran. Palautumisen eli takaisin oikenemisen suuruus riippuu muun muassa käytetyn putken pak-suudesta, lämpötilasta sekä taivutustekniikasta. Rekonstruktioon sovellettavat ja taivutinkoneessa käytettävät asteluvut olivat löydettävissä lopulta ainoastaan kokeilemalla putken taivutusta eri astekulmilla.

Istuinosien eli muotopuristeiden mittaus oli yhtä lailla hankalaa. Malli piirrettiin ottamalla mitat ensin keskikohdasta ja etenemällä siitä molempiin suuntiin 100 mm välein. Kaikki mitat otettiin kolmesti keskiarvon laskemiseksi. Näillä mittoilla voitiin piirtää kappaleesta kaksiulotteisen malli eli istuimen malli tasokuvana. Muotopuristeet, eli istuinosa ja selkänoja, osoittautuivat mittauksessa symmetrisiksi ja samankokoisiksi.

Istuinpuristeen kaaren astekulman löytämien ei onnistunut kolmimittauksella, kuten putkirungon mittaus. Mallinnuksen (kuva 10, s. 36) piirtämiseksi, astelukua yritettiin selvittää jäljentämällä kaari paperille. Tämä keino osoittautui liian epätarkaksi. Kaaren kulma selvisi käyttämällä AutoCad -mallinnusohjelmaa. Tulos saatiin, kun istuinpuristeen sisä- ja ulkomitat sekä ainevahvuus mitattiin ja istuinpuristeen kaaren korkeus sovitettiin äärimittojen sisään.

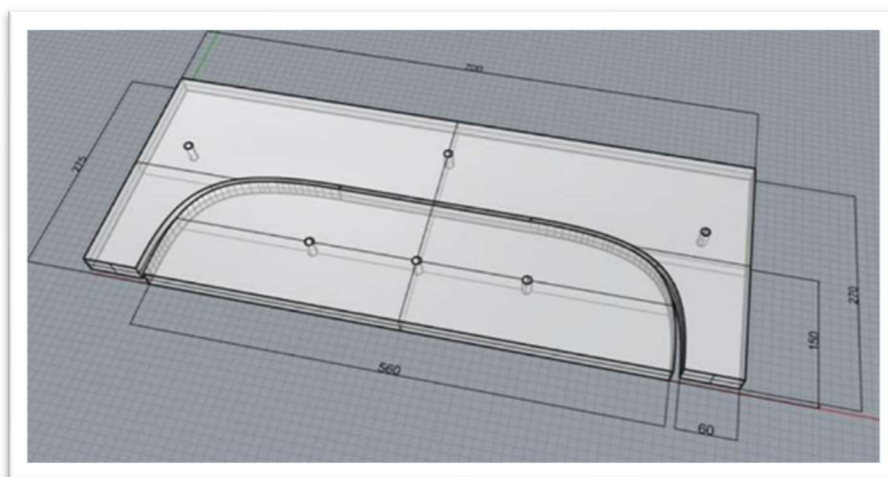


Kuva 10 Rhinoceros 6 -mallinnus Lapinjärven tuolista (Köckritz 2018)

Kun tiedossa olivat sekä rungon että istuinosien kaikki tarvittavat mitat, oli mahdollista mallintaa Lapinjärven tuoli digitaalisesti. Kolmiulotteisen mallin luomiseksi käytettiin Rhinoceros 6 -mallinnusohjelmaa. Mallinnusta tarvittiin myöhemmin CNC-jyrsin ajoratojen määrittämiseksi sekä muotin valmistamisessa että istuinosien jysinnässä.

#### 4.3 Kylmäpuristusmuotin valmistus

Muotin valmistus CNC-jyrsimellä edellytti jälleen digitaalisen piirustuksen tekemistä. Piirros muotista syntyi Rhinoceros 6 -ohjelmalla. Pohjana käytettiin aiemmin piirrettyä istuinosapiirrosta. Istuinpuristepiirroksen poikkileikkauksesta luotiin malli kylmäpuristusmuotille (kuva 11).



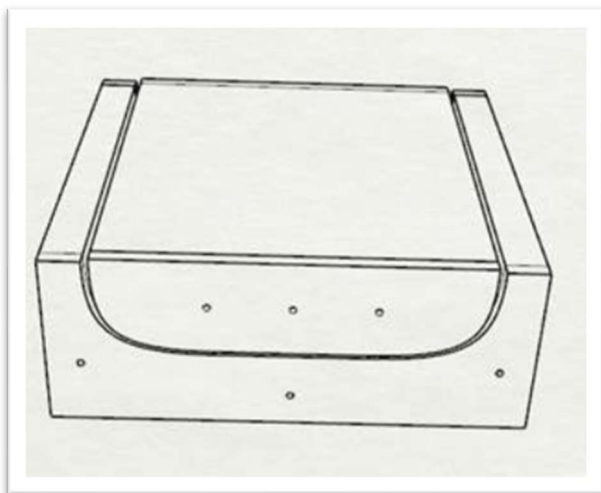
Kuva 11 Istuinosien muodon sijoittaminen levylle muotin valmistusta varten. Mallinnuksen apuna käytettiin Rhinoceros 6 -mallinnusohjelmaa. (Köckritz 2018.)

Lapinjärven tuolin istuinosien vahvuus oli 10 mm, joten muotti suunniteltiin tarvittavan 10 mm välyksen pohjalta. Välyksen mittoihin oli lisättävä muottia suojaavien teräslevyjien eli muottipeltien ja suojamuovien vahvuus. Muottipeltien tarkoitus on vahvistaa muottia ja tehdä samalla muotin pinnasta sileä. Viilun ja muottipeltien välissä oleva suojamuovi puolestaan estää viilujen värjäytymisen, kun metalli kastuu puristuksen aikana viilujen välissä käytettävästä liimasta.

Muotin piirrosluonnokset tarkastettiin ennen muotin kappaleiden jyrsimistä. Tarkastuksessa huomattiin, ettei viiluille ollut jätetty liikkumavaraa. Muottiin tulee jättää 10–20 mm liikkumavara muotopuristeen supistumisen tai oikenemisen varalta. Jos puriste on noin 10 mm vahvuinen, puriste pyrkii oikenemaan käytettäessä 1,5 mm vahvuista viilua. Käytettäessä vuorostaan 0,8 mm viilua, puriste pyrkii supistumaan. Eli paksu viilu oikenee ja ohut viilu supistuu.

Muotopuristeen muodon muutokseen vaikuttavat myös ilman ja kappaleiden kosteus. Tästä syystä puupohjaiset muotopuristeet oikenevat kostean syksyn aikana ja supistuvat kuivan talven aikana. Muotopuristehuonekaluja kannattaa siis säilyttää mielellään lämpötilan ja kosteuden puolesta vakaisissa tiloissa.

Koska tarkoituksena oli käyttää sisäviilumateriaalina 1,5 mm vahvuista koivuviilua, tuli mittaan lisätä noin 10 mm vara muotopuristeen oikenemisen varalta. Istuimen reunojen astekulma oli siis tehtävä muottiin lopullista muotopuristetta jyrkemmäksi eli astekulmaltaan pienemmäksi (kuva 12, s. 38). Kuivuessaan muotopuriste oikenis haluttuun kulmaan ja toivottuun muotoon, jos teoria osuu oikeaan käytännön kanssa.



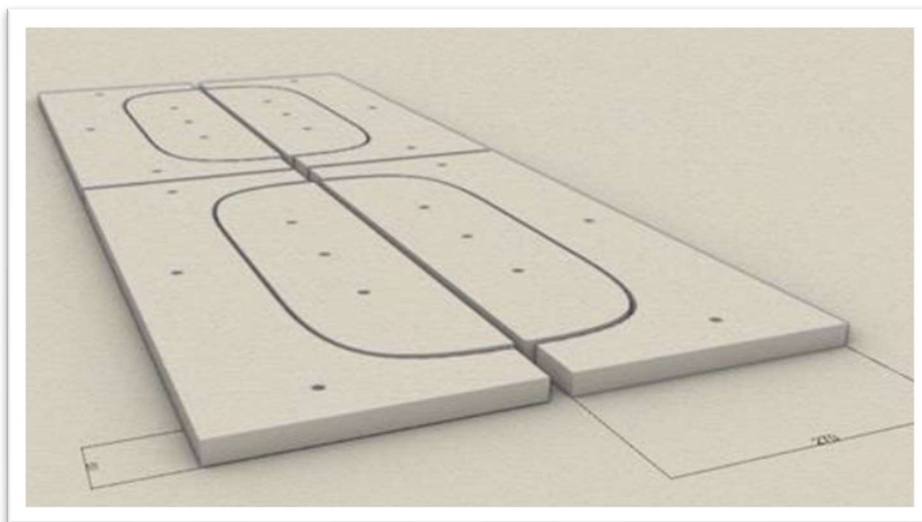
Kuva 12 Rhinoceros 6 -mallinnusohjelmalla tehty mallinnus valmiista muotista (Köckritz 2018)

Muotin valmistusta varten tarvittiin vaneria (kuva 13). Materiaalivahvuudeltaan paksuin paikallisista rautakaupoista löydetty havuvaneri oli 21 mm vahvuista. Sitä myytiin pontattuna koossa 600 x 2440 mm. Lopullisen istuinpuristeen leveys oli 200 mm, joten muotti tuli valmistaa tätä leveämmäksi. Leveys saavutettiin tekemällä muotti 11 päällekkäisestä havuvanerikappaleesta. Muottiin riittäisi siten kaksi vanerilevyä, joista saataisi jyrsimällä 12 muotin osaa.



Kuva 13 Koon 600 x 2440 x 21 koon havuvanerilevyt odottamassa CNC-työstöä (Köckritz 2018)

Muotin piirrosmalli mitoitettiin sopimaan hankittuun vanerilevyyn (kuvat 13 ja 14, s. 39). Piirroksen mukaisesti CNC-jyrsimelle tehtiin jyrsimäohjelma. Lehtori Haapanen työsti Rhinoceros 6 -mallinnuksesta ohjelman CNC-ajoratojen määrittämiseksi CNC-jyrsimelle.

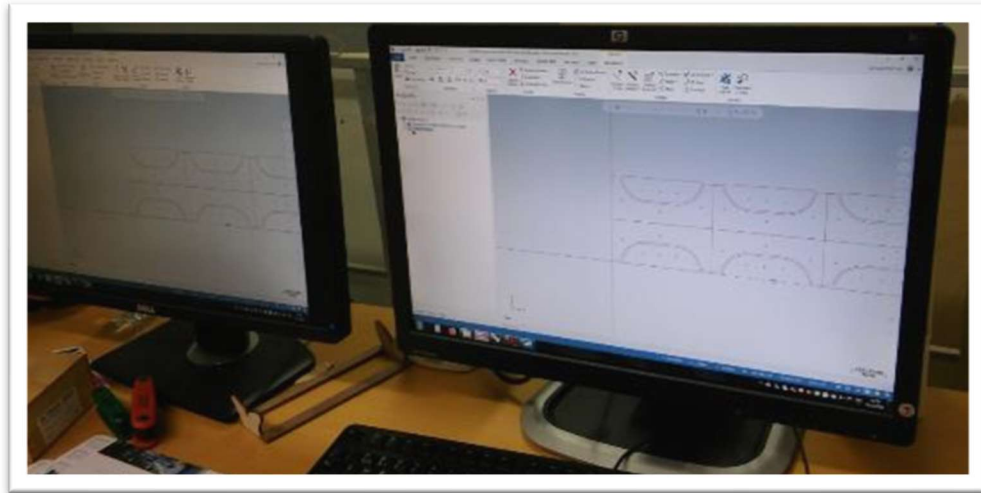


Kuva 14 Rhinoceros 6 -mallinnusohjelmalla tehty hahmottelu muotin osien sijoittelusta 21 mm vahvuiselle vanerilevyille (Köckritz 2018)

Kaksiosaisen puristemuotin kansiosan tulee olla alle jäävää muottia korkeampi, jotta hydraulipuristin puristaisi ainoastaan kansiosaa. Näin puristusvoima kohdistuisi tasaisesti liimattaviin viiluihin. Alkuperäisessä piirroksessa tätä ei muistettu. Puute havaittiin kuitenkin ajoissa ennen jyrintää. Mallinnusohjelmalla tehtyä piirrosta korjattiin lisäämällä siihen kansiosan korotus. Muokaus ei vaikuttanut muotoin osien sovittamiseen tai jyrintäsuunnitelmaan ja vanerilevyssä (kuva 14) riitti työstövara.

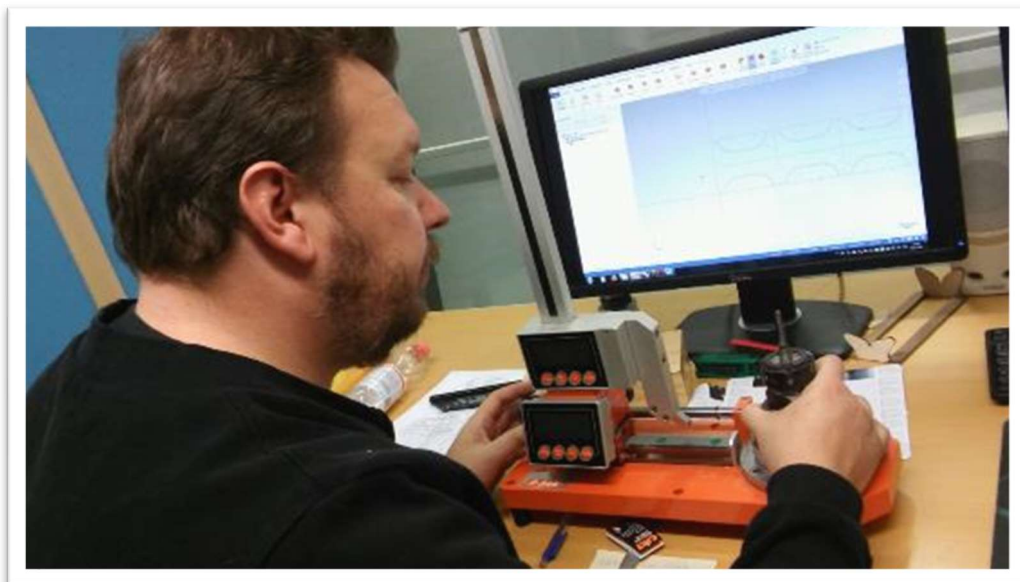
#### 4.4 CNC-jyrintä

Muotin leikkaaminen CNC-jyrsimellä edellytti piirroksen muuttamista Rhinoceros 6 -mallinnusohjelmasta CAM-ohjelmaksi. Ohjelmoinnin teki lehtori Haapanen. Muotin leikkaus tapahtui 2D leikkauksena. Tätä leikkausta käytetään, kun muoto leikataan irti tasosta eli tässä tapauksessa havuvanerilevystä (kuva 15, s. 39). Ohjelmoinnissa määritetään käytettävät terät ja leikkuuradat. CNC-jyrsimellä on itsellään oma nollapisteensä, johon kone käynnistyksen yhteydessä kalibroidaan.



Kuva 15 Rhinoceros 6 -mallinnuksen siirto ja muokkaaminen CAM-ohjelmaksi. Näytöllä näkyy suunnitelma muotin kappaleiden 2D-leikkauksesta. (Köckritz 2018,)

Ohjelman ajo on CNC-jyrsimellä yksinkertaista ja tarkkaa. CNC-jyrsimellä saavutetaan mittatarkkuus, johon on lähes mahdoton päästä sahaamalla muotin osat käsiohjauksella, esimerkiksi vannesahalla. Jyrsintään teräksi valittiin 6 mm pora eli muotin osat jyrsittiin irti havuenerilevystä poraavalla terällä. Terä oli kalibroitava CNC-jyrsimen työkaluasetuksiin (kuva 16). CNC-jyrsimellä sai samalla ajolla porattua reiät tarkasti oikeisiin paikkoihin muottia koossa pitäviä kierretankoja varten.



Kuva 16 Lehtori Haapanen kalibroi CNC-jyrsimen terän (Köckritz 2018).



Jyrsittävä vanerilevy kiinnitettiin CNC-jyrsimeen alipaineella. Kiinnityksen varmistamisessa käytettiin pikapuristimia (kuva 17). Jyrsimeen ajatussa ohjelmasa jyrsinterän liikeradat oli määritelty ja ohjelman toimivuus testattiin ohjelman omalla testiajolla. Jyrsinterän siirtymien liikerata säädettiin matalaksi jyrsinnän nopeuttamiseksi.



Kuva 17 Puristimet varmistavat levyn paikallaan pysymisen jyrsinnän aikana (Köckritz 2018).

Kylmäpuristusmuotin valmistaminen edellytti kahden havuvanerilevyn jyrsimistä ja jyrsittyjen aihoiden irti leikkaamista. Kaikkien muotin osien irti leikkaaminen CNC-jyrsimellä olisi edellyttänyt lisäkiinnityksiä alustaan ja tämä ei olisi ollut ajankäytöllisesti eikä teknisesti järkevää, joten vanerilevyihin päätettiin jyrsiä vain muotin aihiot (kuvat 17 ja 18, s. 42). Lopulliset muotin osat sahattiin irti ja viimeisteltiin tarkkuuspyörösahalla (kuva 19, s. 42).



Kuva 18 Muotin osat CNC-jyrsinnän jälkeen (Köckritz 2018)

Kuva 19 Muotin osien irrottaminen aihioista tarkkuuspyörösahalla (Köckritz 2018)

Muotin kasaamiseen käytettiin 10 mm kierretankoa ja muttereita aluslevyineen. Muotissa tarvittavaa 10 mm kierretankoa ei ollut, joten sitä tehtiin sileästä tangosta. Kierteet tehtiin käsin kierreväntimellä (kuva 20).



Kuva 20 Kierretangot valmistettiin terästangosta kierreväntimellä käsin. Voiteluöljy helpottaa kierteiden tekemistä ja vähentää väntimen kulumista. (Köckritz 2018.)

Kylmäpuristusmuotti kasattiin pinoamalla muotin osat ja työntämällä kierretankot niitä varten porattuihin reikiin. Valmiiden kierretankojen kiinnitykseen käytettiin 10 mm siipimuttereita ja tavallisia muttereita aluslevyineen. Muttereiden avulla muotin osat saatiin puristettua tiukasti kasaan. Puristuspinnat viimeisteltiin siklillä (teräskaavin) mahdollisimman tasaisiksi (kuva 21).



Kuva 21 Muotin pinnat viimeisteltiin siklillä eli teräslevystä tehdyllä kaavintyökalulla. Siklillä saatiin kaarevasta pinnasta tasattua muottiosien saumat. (Köckritz 2018.)

Muottiin leikattiin 0,7 mm paksuisesta teräslevystä puristuspinnoihin muottipellit. Nämä muottipellit suojaisivat muottia ja samalla tasaisivat havuvaneri-muotissa mahdollisesti olevia virheitä ja estäisivät niiden syntymistä. Ilman muottipeltiä muotopuristeen pintaviiluun todennäköisesti jäljentyisi raidallinen kuviointi, sillä muottivanerin puuosat ovat pehmeämpiä kuin liimaosat.

Muottipeltejä on mahdollista käyttää irrallisina tai ne voi kiinnittää muottiin. Tässä opinnäytetyössä päädyttiin irrallisiin muottipelteihin, sillä viulunippu olisi helpompi nostaa muottipeltien välissä puristimeen. Lisäksi muotin toista kappaletta käytettäisiin myöhemmin alustana CNC-jyrsimessä, jolloin peltiosa oli irrotettava.

## 4.5 Viilujen ladonta

Viilujen valinnassa ja ladonnassa on huomioitava useita seikkoja. Näitä ovat muun muassa puulaji, viilun vahvuus, kosteus, syysuunta, valmistustapa, kuviointi, paikkaukset ja jatkot, käytettävä liima ja koko. Viilut tulee leikata muotin kokoisiksi ja myöhempää liimanlevitystä ja muottiin asettamista helpottaa, kun yksi sivu on aina suora. Puulaji vaikuttaa liiman valintaan, liiman määrään sekä puristusvoimaan. Huokoisista puista liima lyö läpi helpommin eli puristetessa liima puristuu viilun läpi muotopuristeen pinnalle. Tätä liimaa ei saa poistettua ja liiman läpilyönti vaikeuttaa pintakäsittelyä.

Ladonnassa tulee huomioida viilun luontainen taipumissuunta sekä puun kosteus. Jos valmiissa tuotteessa puun syyt jäävät näkyviin, on pintaviilujen asettamisessa oltava tarkka. Kuvio on valittava huolella ja se on asetettava puristeeseen suoraan. Vinossa kulkevat puunsyyt luovat optisen harhan koko esiin vinoudesta. Toki viilujen vinoon asettamista voi myös käyttää hyväksi erilaisten efektien luomisessa.

Rekonstruktiossa on huomioitava, että viilun laatu on muuttunut vuosikymmenten saatossa tekniikan kehittyessä. Esimerkiksi 1950-luvulla valmistettu viilu käyttäytyy eri tavoin kuin uusi viilu. Vaikka kaikki tiedossa olevat vaikuttajat huomioitaisiin, voi viilu reagoida odottamattomalla tavalla. Onnistumisen todennäköisyys on kuitenkin suurempi, mitä paremmin materiaalin tuntee.

Square (1995, 7-8) opastaa kirjassaan "The Veneering Book" etsimään viilusta sorvauksen ylä- ja alapuoli. Hän käyttää näistä termejä "smooth side" ja "loose side". Näistä ensimmäinen on sananmukaisesti viilun sileämpi puoli, joka sorvausvaiheessa puristuu kasaan ja jälkimmäinen on puolestaan alapuoli, joka sorvauksessa venyy. Venynyt puoli näyttää hänestä tummemmalta ja tuntuu karheammalta kuin vaaleampi "smooth side". Se myös imee enemmän kosteutta ja pintaviiluissa liima tulisikin levittää juuri tälle puolelle. Viilun käyttö väärin päin kulmissa tai tiukoissa mutkissa voi aiheuttaa pinnan rikkoutumisen. Square jatkaa, ettei viilun puolia ole aina kovin helppo erottaa toisistaan ja hän itse kertoo tekevänsä kevyen taivutustestin. "Loose side" on jous-

tavampi ja viilu taipuu sille puolelle paremmin. Jackson jne (2000, 31) teoksessa "The Complete Manual of Woodworking" opastaa tutkimaan ja käyttämään viiluja samoin, mutta huomauttaa, että pintaviiluissa kuviointi tulee ottaa huomioon ja tietyt kuvioladonnat voivat edellyttää viilujen liimaamista toisinpäin.

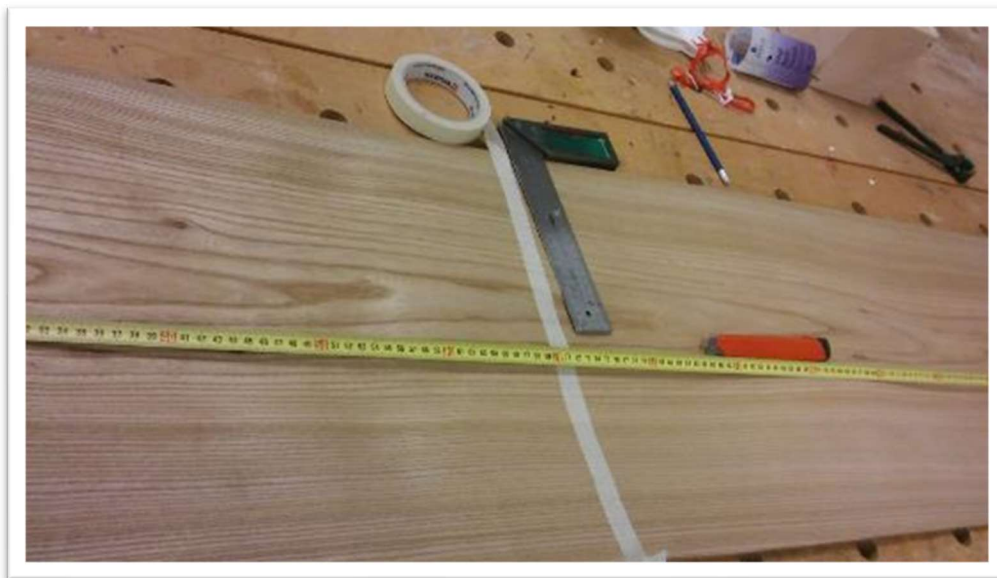
Viilujen ladonnassa pyrittiin noudattamaan näitä ohjeita niin silmämääräisesti tarkastelemalla kuin taivuttamalla viilua. Joistakin viiluista leikkuupinnat ja taipuisuuden pystyi erottamaan, mutta toisinaan eroa ei pystynyt silmämääräisesti enkä taivuttamalla kertoa. Viilut olivat isokokoisia, joten parhaaksi tavaksi testata taipuisuutta oli pitää niitä käsien välissä ja antaa painovoiman osoittamalla minne kyseinen viilu luonnollisesti taipuu.

Lapinjärven tuolin istuinosien muotopuristeet koostuivat seitsemästä päällekkäin liimatusta viilusta. Näistä viiluista viisi oli sisäviiluja ja kaksi pintaviiluja. Muotopuristeiden vahvuus oli 10 mm. Lapinjärven tuolissa käytetyt viisi sisäviilua ovat olleet todennäköisesti vahvuudeltaan keskimäärin 1,6 mm ja pintaviilujen vahvuus n. 0,6–0,8 mm. Pintaviilun tulee olla ohutta halkeilun ehkäisemiseksi. Rekonstruktioon tulevien muotopuristeiden valmistukseen valittiin sisäviiluiksi tasalaatuista ja pintaviiluksikin sopivaa 1,5 mm leikattua koivuviilua. Pintaviiluna käytettiin 0,6 mm jalavaviilua. Näitä viilujen vahvuuksia oli käytetty kylmäpuristusmuotin välystä laskettaessa.

Harjoituspuristeisiin käytettävien sisäviilujen vahvuuksissa huomattiin vaihtelua. Harjoituspuristeissa käytetty koivuviilu oli WG-luokan sorvattua viilua, eli paikattua, ja laatuluokitukseltaan huonolaatuisinta niin sanottua taustaviilua. Kyse ei ollut yksittäisen viilun kohdalla kuin millimetrin kymmenesosan heitosta. Viilujen ladonnassa tämä ero kertautui ja vaikutti hieman valmiin muotopuristeiden kokonaisvahvuuteen. Koska puristuksessa käytettiin melko korkeaa puristuspainetta sekä turpoavaa urealiimaa, pienillä vahvuuseroilla ei vaikuttanut olevan merkitystä puristeiden onnistumiseen.

Viilut oli ensin sahattava oikeaan mittaan muottiin sopiviksi. Vaikka viilut olivat hyvin kuivia, konesahaus ei aiheuttanut viilulle merkittäviä lisävaurioita, kuten repeämiä tai lohkeiluja. Rekonstruktioon käytettävien viilujen mitoitus ja leik-

kaaminen tehtiin mattoveitsellä. Jotta leikkaus ei aiheuttaisi viiluihin vaurioita, viilu teipattiin (kuva 22). Etenkin pintaviiluna käytetty jalavaviilu oli helposti lohkeavaa, joten leikkuupinnan teippaaminen oli välttämätöntä.



Kuva 22 Viilujen leikkaus määrämittaan. Teipillä estettiin viilun repeilyä. (Köckritz 2019.)

Viilut mitoitettiin hieman muottia suuremmiksi riittävän liikkuma- ja myöhemmän työstövaran varmistamiseksi. Viilujen pituuteen lisättiin liikkumavaraa noin 50 mm ja leveyteen noin 30 mm. Liikkumavara on tarpeen puristusvaiheessa, jossa viilut liikkuvat toisiinsa nähden uuteen muotoon pakotettaessa.

Osa harjoituspuristeiden kuivista ja halkeilleista viiluista vaati korjausta ennen kuin kelpasivat käyttöön. Ennen ladontaa rikkiäiset viilut liimattiin polyvinyylisetaattiliimalla eli PVAc-liimalla ja liimaus vahvistettiin maalariteipillä kuivumisen ajaksi (kuva 23, s. 47). Osa korjausliimauksista onnistui. Osa viiluista oli niin käpristynyttä, ettei osien kohdistaminen, saati korjaus, ollut mahdollista. Osa liimauksista aukesi teipin poiston yhteydessä. Pääsääntöisesti teipit on poistettava ennen puristusta. Harjoituspuristeen sisäosiin jäänyt teippi ei näkynyt eikä muutoinkaan vaikuttanut liimauksen kestävyYTEEN. Pintaviiluun teippiä ei pidä jättää, sillä teipin poistaminen puristuksen jälkeen ei onnistu rikkomatta viilun pintaa. Pintaviiluksi tulisi valita aina ehyt viilu, sillä liimattukin viilu saattaa revetä tai liima sotkea näkyviin jäävän pinnan.



Kuva 23 Viilujen korjaamista liimaamalla ja teippaamalla (Köckritz 2018)

Viilut yritettiin sahata siten, että niihin jäisi mahdollisimman vähän perhospa-loiksi kutsuttuja paikkapaloja (kuva 24). Paikkapalat ovat materiaalivahvuudel-taan samoja kuin muu viilu ja niitä käytetään yleisesti vaneriteollisuudessa. Muotopuristeessa ne kuitenkin saattavat aiheuttaa ongelman irrotessaan. Pai-kaltaan siirtynyt paikkapala aiheuttaa muotopuristeessa sekä kohoaman että vajoaman ja mahdollisen repeämävaurion. Paikkapaloja jäi harjoituskappalei-den viiluihin satunnaisesti, kuten kuvasta 23 yllä on nähtävissä.



Kuva 24 Perinteisen koivuviilun lisäksi harjoituskappaleissa käytettiin siniseksi läpivärjättyä CWP-koivuviilua. Viilu toimi erinomaisena merkinä eri puristekokeilujen tunnistamisessa ja ladonnan suunnan osoittajana. Siniset viilut olivat puristeissa aina ladotut pituussuuntaan. (Köckritz 2018.)

Vahvan muotopuristeen aikaansaamiseksi viilut oli ladottava ristikkäin syysuuntiinsa nähden. Koska pintaviilujen tuli olla molemmin puolin muotopuristetta keskenään samansuuntaiset, oli ladottavien viilujen lukumäärän oltava pariton. Riittävän puristevahvuuden saamiseksi tarvittiin seitsemän viilukerrosta. Pintaviilujen syysuunnat olivat taivutussuunnan mukaisesti pitkittäin. Seuraavien kerroksien syysuunnat olivat edelliseen viilukerrokseen syysuuntaan nähden suorassa kulmassa, eli  $90^\circ$  kulmassa. Nimitys ristiladonta juontaa siitä, kun joka toisessa viilukerroksessa puun syyt kulkevat ristiin toisiinsa nähden.

Ristiladontaa voidaan toteuttaa myös toisin, kuten lentokonevanerissa, jossa jokainen kerros on seuraavan nähden vain  $45^\circ$  kulmassa. Mutta pääsääntöisesti ristiladonnasta puhuttaessa käytetään  $90^\circ$  kulmaa ja viilun suunnan muuttamista jokaisessa kerroksessa. Ristiladonnan lisäksi on mahdollista laatoa kaikki viilut saman suuntaisesti. Tällöin syntynyt puriste muistuttaa massiivipuuta ja yleensä tällaista puristetta käytetään pienemmissä kappaleissa, kuten käsinojissa.

Ennen liimausta tehtiin koeladonta eli liimattavat viilut pinottiin liimausjärjestykseen. Samalla tarkastettiin, että viilut olivat ehjiä ja taivutussuunta oikea. Niipun yksi sivu tasattiin. Tasattu sivu helpotti viilunipun asettamista muottiin ja sen seuraamista, että viilunippu pysyi puristusvaiheessa suorassa muotissaan. Koeladonnan lopuksi tarkistettiin ladonnan kokonaisvahvuus.

Kirjallisuudessa on määritelty suositusarvot viilujen kosteudelle käyttötarkoituksesta riippuen. Viilujen kosteutta mitattiin puristuskokeilujen alkaessa muutamana kerran ja niiden kosteusprosentti havaittiin hyvin alhaiseksi. Viilujen kuivuus hyväksyttiin projektissa annettuna tekijänä. Kuiva viilu on herkempi vaurioitumaan taivutettaessa, mutta kuivan viilun etuna toisaalta on, että se imee liiman itseensä paremmin ja nopeammin. Nopea imeytyminen lyhentää viilujen ladonta-aikaa ja saattaa heikentää liimausta. Liiman viskositeettia muuttamalla voidaan kuitenkin vaikuttaa imeytymiseen ja viilun kostumiseen.



#### 4.6 Viilujen liimaaminen PVAc-liimalla

Ensimmäiseksi kokeiltiin muotopuristeen tekoa käyttämällä AkzoNobel 3340 D3 polyvinyylisetaattiliimaa eli PVAc-liimaa. Liima levitettiin telalevittimellä (kuva 25) molemmin puolin viilua eli levityspintoja oli kutakin valmista puristetta kohden 12 kappaletta. Pintaviiluihin liima levitettiin vain yhdelle puolelle.



Kuva 25 Liiman levityksessä käytetty liimatela (Köckritz 2018)

Muotopuristeharjoituksissa käytettävän AkzoNobel 3340 PVAc-liiman aukioloaika on +20 C° asteessa vähintään 4 minuuttia ja enintään 7 minuuttia, joten liima oli levitettävä viiluille nopeasti. Puriste oli saatava muottiin ja puristus alkamaan liiman aukiolon aikana. Liiman aukiololla tarkoitetaan aikaa, jolloin liimattavia kappaleita voi vielä liikuttaa. Aukioloajan loputtua liima sulkeutuu eli siinä muodostuvat kemialliset reaktiot ovat edenneet niin pitkälle, että kappaleiden liikuttaminen ei enää onnistu rikkomatta tai pilaamatta liimausta.

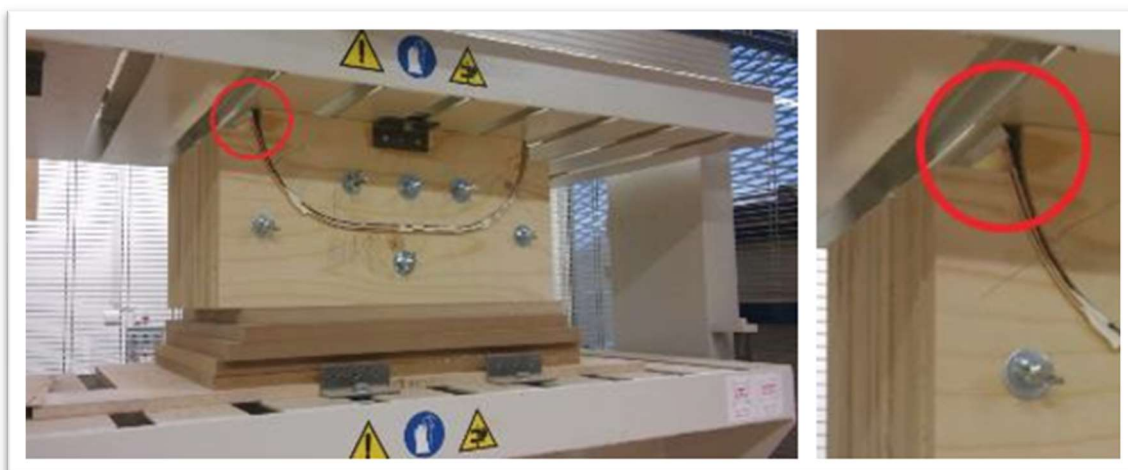
Liima oli levitettävä liimattavalle pinnalle kauttaaltaan ja tasavahvuisena kerroksena. Liiallinen liima tulisi puristusvaiheessa viilujen välistä suurimmaksi osaksi ulos, joten liimaa voitiin levittää anteliaasti. Liiallinen liima lisäsi kuitenkin kappaleiden liikkumisriskiä, mikä piti huomioida asetettaessa viilunippua puristimeen. Liian vähäinen liimamäärä olisi puolestaan tehnyt liimauksesta suurella todennäköisyydellä heikon ja epäonnistuneen. Liiman levitys onnistui liimatelalla melko nopeasti ja tasaisesti.

Muottipeltien välissä oleva viilunippu nostettiin hydraulipuristimeen kiinnitettyyn muottiin. Puristinta suljettiin vähän kerrallaan. Kuten Kontinen, Kivistö, Söyriä ja Usenius (1992, 152) kuvaavat vanerin valmistustekniikkaa kuvaavassa teoksessaan, on etenkin molemmin puolin liimaa sisältävien liimojen asemointi vaikeaa. Viilunippu liikkui puristimen alla. Se oli ohjattava käsin takaisin paikoilleen. Viilunippu saatiin aseteltua lopulta rauhallisesti puristukseen ja puristuspaineksi asetettiin 0,8 MPa (kuva 26). Liimalle asetettu puristus-paine on tuoteselosteen mukaan 0,1–1 Mpa, joten puristusvoimakkuus asettui lähelle liiman maksimiarvoa.



Kuva 26 Hydraulipuristimen puristuspaineen asetus- ja osoitusnäyttö sekä käyttöpainikkeet. (Köckritz 2018)

Ensimmäisessä puristuksessa havaittiin liikkumavaran jääneen liian pieneksi. Viilut ottivat kiinni puristimen yläosaan eli kanteen (kuva 27, s. 51). Vaihtoehtoina oli jatkossa joko käyttää lyhyempiä viiluja tai korottaa muottia. Vaihtoehtoista valittiin muotin korottaminen, jolloin puristeeseen jäisi suurempi työstövara.



Kuva 27 PVAc-liimalla tehty ensimmäinen puriste. Viilut ottivat kiinni puristimen kanteen. Oikealla näkyy yksityiskohta, jossa viilut osuvat puristimen kanteen. Muotopuristeen onnistumiselle tällä ei ollut merkitystä. Muotti kuitenkin korjattiin, ettei jatkossa aiheutuisi vahinkoja. (Köckritz 2018.)

Puriste jätettiin puristimeen yön yli. Tuoteselosteen mukaan AkzoNobelin PVAc-liiman puristusaika oli 2–5 minuuttia +20 C° lämpötilassa. Puristusajan pidentäminen tekisi liimasaumasta vahvemman. Liimattua tuotetta voitaisiin käsitellä 2–6 tunnin kuluttua puristuksesta. Paras tulos saavutettaisiin tuoteselosteen mukaan, kun jatkokäsittely tehdään vuorokauden kuluttua liimauksesta. Jälkikuivuminen jatkuisi vielä seitsemän vuorokautta liimauksesta.

PVAc-liimaa käytettäessä puristusajat ovat yleensä melko lyhyitä. Muotti jätettiin puristukseen kuitenkin vuorokaudeksi. Pitkän jälkikuivumisajan lisäksi kuivumispinta-ala oli pieni. Liimatut viilut olivat kahden muottipellin välissä, joten kuivuminen tapahtui vain muotin sivuilta.

Seuraavana päivänä kylmäpuristus lopetettiin, puristin avattiin ja muotopuristeaiho otettiin pois muotista. Kokemattomuus muotopuristamisessa näkyi paitsi jo aiemmin todetussa virheellisessä liikkumavaran mitoituksessa, myös harjoitusaihion värissä. Vaalea, koivupintainen muotopuristeaiho oli muuttunut tummanruskeaksi. Viilujen ja muottipeltien välistä oli unohtunut suojamuovi. Liimassa ollut vesi, puun sisältämä parkkihappo ja muottipeltien rauta olivat reagoineet keskenään. Liiman kosteus pääsi viilun läpi suoraan kosketuksiin muottipellin kanssa ja reaktion tulos oli pinnan värjäytyminen ja pellin hapettuminen eli ruostuminen.

Muotopuristeaihio oli kuitenkin onnistunut toivotulla tavalla värjäytymistä lukuun ottamatta. Kun aihio otettiin pois muotista, se odotetusti oikeni hieman. Vaikka muotopuristeaihio oli ollut muotissa vuorokauden, se tuntui käsin kosketeltaessa yhä kylmänkostealta eli PVAc-liima ei ollut päässyt kuivumaan puristeen sisällä. Jotta kostea aihio ei oikenisi ilman muotin tukea, se kiinnitettiin liimapuristimella kiinni pöytään ja jätettiin kuivumaan vielä viikonlopun yli. Kuivussa muotopuristeaihio supistui ja se oli viikonlopun jälkeen täsmälleen muotin kokoinen.

Muotin toimivuuden varmistamiseksi valmistettiin toinen samanlainen kappale. Sitä ennen muotin yläosaa korotettiin, jotta viilujen asettaminen ja ohjaus olisivat jatkossa helpompia, eikä puriste ottaisi kiinni puristimen levyihin. Tuloksena oli samanlainen kappale kuin ensimmäinen. Mitat ja taivutuskulmat täsmäsivät Lapinjärven tuolin mittoihin ja puristekokeiluja jatkettiin seuraavaksi urealiimalla.

PVAc-liiman käyttö oli helppoa ja miellyttävää. Ongelmana oli vain kiire, sillä liima kovettui nopeasti. PVAc-liima on käyttökelpoinen erityisesti pieniin muotopuristeisiin. Aukioloaikaa voi pitkittää tekemällä työn viileässä tai kostuttamalla liimattavia pintoja. Liimattavien pintojen kostuttamisessa on vaarana, että liimauskyky romahtaa ja liimasauma pettää. PVAc-liima on urealiimaa kalteumpaa, mutta pienten puristeiden kohdalla hintaero ei ole merkittävä. Lisäksi PVAc-liiman säilyvyys on huomattavasti pidempi kuin nopeasti vanhenevan urealiiman. PVAc-liimaa on saatavilla yleisesti rautakaupoista ja marketeista ja se on heti käyttövalmista.

#### **4.7 Viilujen liimaaminen urealiimalla**

PVAc-liimalla tehtyjen kokeilujen jälkeen olivat vuorossa testit urealiimalla. Urealiima soveltuu erityisesti kuumaliimaukseen, mutta huoneenlämpö on riittävä liimaan kuivumiseen. Kuivumisaika vain muuttuu minuuteista tunneiksi.

Muotopuristeiden liimaukseen käytetty urealiima oli Kleiberitin valmistama Heissenpresseimleim 871 eli kuumapuristusliimaukseen tarkoitettu liima. (kuva 28) Liiman peruskemikaali on urea-formaldehydi kondenssiharts. Liiman aukioloaika on huoneenlämmössä eli +20 C°:ssa kahdeksan tuntia. Varastointiaika on samassa lämpötilassa kuusi kuukautta. Lämpötilan noustessa +30 C°:een, avoin aika lyhenee kolmeen tuntiin ja säilyvyys lyhenee kahteen kuukauteen. Kotikäyttäjän ei siis kannata ostaa liimaa kuin kulloinkin tarvittava määrä, koska sen varastointiaika on lyhyt.



Kuva 28 Liiman teksti " Formaldehydarter Harnstoffharzleim mit eingebautem Härter - lange Topfzeit" tarkoittaa vapaasti suomennettuna, että liiman formaldehydipitoisuus on alhainen ja liimajauhe sislt itsessään liiman kovettimen. (Köckritz 2018.)

Liiman käyttöturvallisuustiedotteessa ei ollut vaaramerkintj, mutta siinä suositeltiin hengityssuojan kytt liimajauhetta ksitetless ja suojakäsineitä niin jauhetta kuin sekoitettua liimaa ksitetless (Kleiberit, 2015). Urealiimajauhe tuli sekoittaa veteen huolellisesti ennen kytt (ks. kuva 29, s. 54). Liiman sekoitussuhde oli 2:1, joista kaksi osaa oli liimaa ja yksi osa vettä. Mittayksikkönä käytettiin painomittoja. Muotopuristeaihioon tarvitsemieni 12 liimattavan viilupinnan yhteen laskettu pinta-ala oli 2 m<sup>2</sup>. Liimaa tulisi levittää 200 g neliometriä kohden, joten tarvittava liimamäärä oli yhteensä 400 g valmista liimaa. Tästä veden osuus oli 133 g ja liimajauheen 266 g.



Kuva 29 Liiman sekoitus itse tehdyllä puulastalla vasemmalla sekä oikealla liiman sekoitus sekoitusvispilällä. Molemmat toimivat yhtä hyvin, mutta tarkoitukseen valmistetun vispilän kiinnittäminen oli helpompaa ja se pysyi paremmin kiinni porakoneen istukassa. (Köckritz 2018.)

Liimajauhe mitattiin ensin ison ämpärin pohjalle. Päälle lisättiin vettä pienissä erissä. Sekoitus tapahtui porakoneeseen liitetyllä puulastalla ja myöhemmin laastivispilällä. Liimajauhe paakkuuntui helposti, joten liiman valmistus vaati pitkän ja huolellisen sekoittamisen. Liimaa kannatti sekoittaa useissa jaksoissa ja antaa sen tasaantua jaksojen välillä. Koska liiman aukioloaika oli huoneenlämmössä useita tunteja, ei sekoitustyössä ollut tarve kiirehtiä. Liiman tekeytyessä saattoi valmistella liimattavan viilunipun valmiiksi (kuva 30)



Kuva 30 Viilunippu tarkistettu ja ladottu valmiiksi liimausta varten (Köckritz 2018)

Viilut ladottiin oikeaan järjestykseen. Nipun päällimmäinen viilu olisi muotissa alin pintaviilu ja siihen kohdistuva taivutus olisi vähäisin. Viilunipun alin viilu jäisi puolestaan päällimmäiseksi pintaviiluksi. Tähän, tuolin istuinpinnaksi jäävään viiluun, kohdistuisi voimakkain taivutus. Tässä vaiheessa viiluille tehtiin vielä viimeinen tarkastus sekä varmistettiin viilun luonnollinen taipumissuunta.

Urealiima levitettiin liimatelalla huolellisesti kaikille liimattaville pinnoille. Telan käytössä oli varottava, ettei viilu murtunut ja halkeillut telan painon alla. Jos viiluun tulisi halkeama liiman levitysvaiheessa, niin puristusvaiheessa liima pursuaisi halkeaman läpi. Erityisen haitallista tämä olisi pintaviilussa, sillä liiman poistaminen ohuesta pintaviilusta olisi työlästä ja osin mahdotonta.

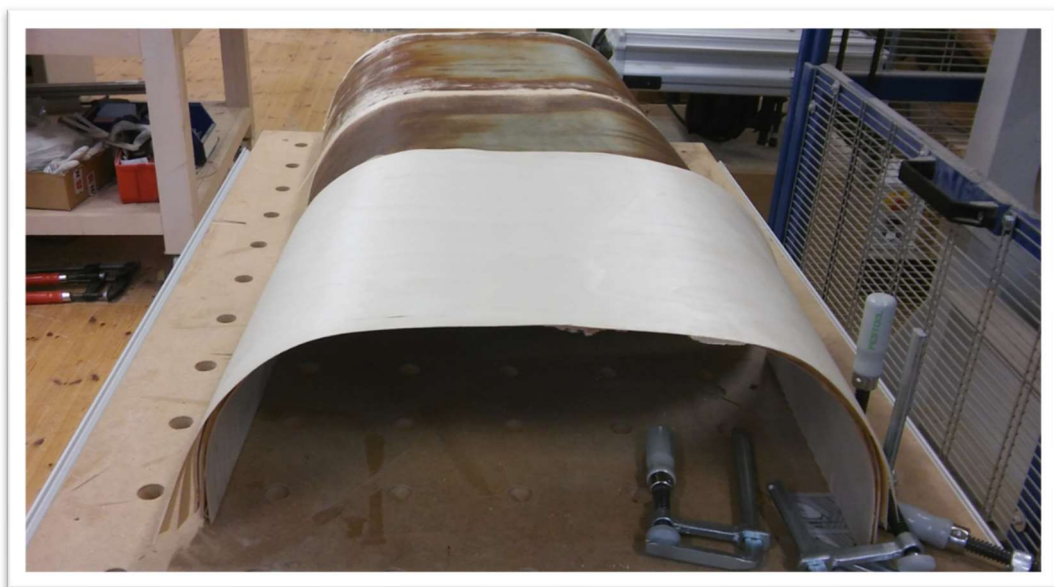
Urealiiman viskositeetti oli niin korkea, ettei se valunut, vaan liimakerros asetui hyvin paikoilleen. Kuiva viilu imi nopeasti kosteutta itseensä ja viilu alkoi heti käpristellä. Käpristely tasoittui hieman, kun liimaa lisättiin myös viilun toiselle puolelle. Liiman levittämisen ja viilunipun ladonnan jälkeen viilut asetettiin muottilevyjen välissä puristimeen (kuva 31).



Kuva 31 Viilunipun puristus hydraulipuristimessa. Muotin yläosaan oli lisätty korotuspala liikumisvaran kasvattamiseksi. Kookkaat suojamuovit viilunipun ja muottipeltien välissä vaativat oikomista. Puristin laskettiin alas vähän kerrallaan. Samalla varmistettiin viilunipun paikallaan pysyminen. (Köckritz 2018.)

Urealiiman pitkä avoin aika mahdollisti viilunipun siirtelyn muottia laskettaessa. Muottia voitiin laskea vähän kerrallaan ja siirtää nippu paikoilleen, jos se liikkui. Metallilevyn ja viilujen välissä olevaa alapuolen suojamuovia oli oiotava puristinta suljettaessa. Muotin yläosassa muovi mukautui puristuksessa suoraksi.

Viilut jätettiin puristimeen aina vähintään kahdeksi vuorokaudeksi, koska liima alkoi sulkeutua vasta useita tunteja puristimeen laiton jälkeen. Näin varmistettiin, että liima ehtisi kuivua eli kovettua. Riski taivutetun puristeen oikeenemiselle, vääntymiselle tai kipuristymiselle pienenisi ja muotopuriste säilyttäisi todennäköisemmin tavoitellun muodon (kuva 32).



Kuva 32 Etualalla olevassa muotopuristeaihiossa liimana on käytetty urealiimaa ja viilujen sekä teräslevyn välissä värjäytymisen estävää suojamuovia. Takana näkyvät värjäytyneet PVAc-aihiot. (Köckritz 2018.)

Ensimmäinen urealiimalla tehty muotopuristeaihio onnistui hyvin. Muotopuriste oli kova ja kiertosuunnassa jäykkä. Käsien väänneltäessä se tuntui jäykemältä kuin kaksi aiemmin PVAc-liimalla liimattua muotopuristetta. Muotopuristeaihion reunasta näkyi reilusti ulos pursunnut liima (kuva 33, s. 57). Urealiiman ominaisuuksiin kuuluu turpoaminen.





Kuva 33 Ylimääräinen liima puristuu viilujen välistä. Kuvasta on havaittavissa urealiiman turpoaminen kuplimisena sen kovettuessa. (Köckritz 2018.)

Ensimmäiseen urealiimakokeiluun oli käytetty tarkalleen ohjeellinen liimamäärä  $200 \text{ g/m}^2$ , mutta ulos pursuava liimamäärä osoitti, että määrä saattoi olla liian suuri. Todennäköisesti kyseinen liimamäärä on sopiva liimattaessa paksumpia viiluja tai massiivipuuta. Ohuet viilut, joille liima oli levitetty molemmin puolin, eivät imeneet tällaista määrää liimaa. Jatkossa liiman määrää vähennettiin eli sitä levitettiin ohuempi kerros. Muotopuristeaihioissa urealiiman määrä  $150 \text{ g/m}^2$  osoittautui riittäväksi. Näin valmistetut puristeet olivat käsin väännellen hieman joustavampia kuin jäykäksi jähmettynyt ensimmäinen puriste.

Yhdessä muotopuristeaihiossa havaittiin urealiimatahroja (kuva 34, s. 58). Puristusaine oli ollut liian voimakas tai liimaa oli viilun alla liian paljon. Liima oli puskenut jalavan solukon läpi ja pursunut muotopuristeaihion pinnalle. Suurin osa pinnan liimajäämistä irrotettiin kaaputtamalla puukolla, mutta osa liimasta oli imeytynyt jalavan solukkoon eikä ollut poistettavissa.



Kuva 34 Urealiimajälkiä aihion pinnassa. Aihion reunalla ollut liima jäi vain osin jyrsettyn, valmiiseen muotopuristeeseen. (Köckritz 2019.)

Puristusaine säilytettiin kuitenkin samana liiman läpipuristumisesta huolimatta. Liiman läpipuristuminen tapahtui vain yhden puristeen kohdalla. Kuten aiemmin oli jo todettu, jokainen puuviiluista tehty kappale on yksilö, koska yksikään viilu ei ole samanlainen. Esimerkiksi viilussa käytetyn puun kasvu eli kevät- ja kesäpuun vaihtelu voi olla voimakasta puulajista riippuen. Koska kevätpuun kohdalla puun solurakenne on suurempaa, myös liiman läpilyönnin riski on kevätpuun kohdalla suurempi. Miten kukin viilu reagoi siihen kohdistettuun käsittelyyn, selviää vasta käsittelyn jälkeen. Toki kokemus opettaa huomioimaan riskit, mutta puun käyttäytymisestä voi tehdä vain valistuneita arvioita ja lopputulos voi yllättää.

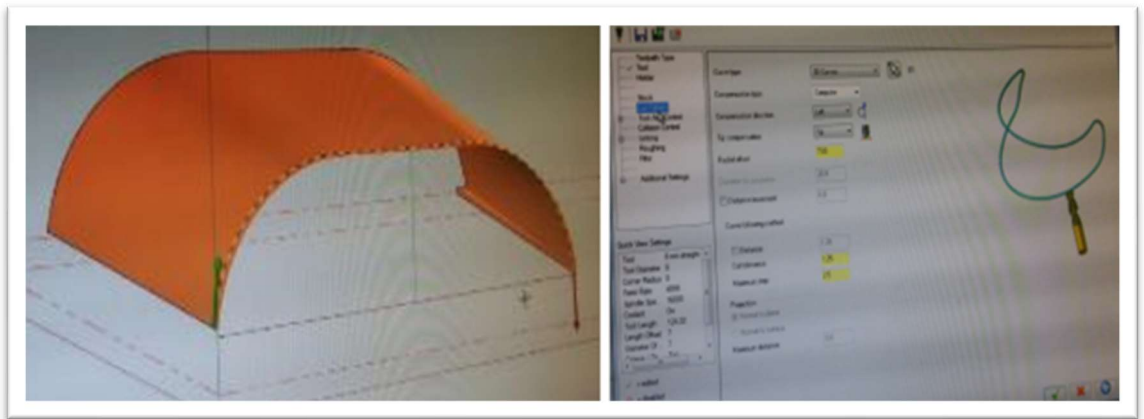
Urealiiman käytön etuna kylmäpuristeiden teossa oli pitkä liiman avoin aika. Kun PVAc-liiman avoin aika lasketaan minuutteina, urealiima pysyy avoimena jopa tunteja. Liiman levittämiseen on aikaa ja liimattavat viilut oli mahdollista asetella paikalleen rauhassa. Muotissa olevan viilunipun siirtäminen ja kohdentaminen oli myös mahdollista urealiiman pitkän aukioloajan ansiosta.

#### 4.8 Muotopuristeen jyrshintä

Lapinjärventuolin puristeosat oli todennäköisesti valmistettu teollisesti, koska osat olivat identtiset ja mittatarkat. Teollisen ulkonäön saavuttamiseksi rakennuksen istuinpuriste oli tarkoituksenmukaista tehdä käyttämällä CNC-jyrshintä. Istuinosaisten leikkaaminen irti muotopuristeaihoista onnistuisi CNC-jyrshintä

teollisen tarkasti. 1950-luvun tuolin muotin valmistus oli todennäköisemmin tehty toisella tavalla, sillä numeraalinen jyrsimen ohjaus yleistyi vasta myöhemmin.

Muotopuristeen leikkaus muotopuristeaihiosta oli aloitettava ohjelmoimalla CNC-jyrsimelle leikkausohjelma. Leikkausohjelmaan määriteltiin leikkausrata ja käytettävä leikkausterä (kuva 35). Muotopuristemuotin toinen osa oli mahdollista kiinnittää alustaan tukevasti. Muottiin ruuveilla kiinnitetyt muotopuristeaihiot olisivat siten aina samassa kohdassa CNC-jyrsimen leikkuuohjelman käynnistyessä sille lähtöpaikaksi asetetusta nollapisteestä. CNC-jyrsimen liikerata pysyisi samana. Muotin päälle kiinnitetty aihio vain vaihdettaisi seuraavaan leikattavaan aihioon.



Kuva 35 Leikkausradan ja käytettävien työkalujen määrittely CNC-jyrsintää varten. Teräksi valittiin 8 mm pora ja leikkaustavaksi poraava. (Köckritz 2019.)

Muotti kiinnitettiin tarkasti siten, että sen yksi kulma oli CNC-jyrsimen nollapistessä (kuva 36, s. 60). Leikkausrata ohjelmoitiin nollapistettä hyödyntäen. Jotta istuinkappale varmuudella leikkautuisi jyrsinnässä irti aihioista, muotopuristeaihion ainevahvuus ohjelmoitiin 1 mm todellista vahvuutta suuremmaksi. Tällöin jyrsintä ulottuisi varmuudella muotopuristeaihion läpi 1 mm syvyyteen muotin pintaan.



Kuva 36 Istuinosen CNC-jyrsinnän testiajo, jossa tarkastettiin jyrsimen liikerata ja kohdistus ennen aihoiden kiinnitystä. Kylmäpuristusmuotin kansiosaa käytettiin aihoiden tukena istuinosen jyrsinnässä. Aihion tarkka kiinnitys on edellytys onnistuneelle jyrsinnälle. (Köckritz 2019.)

Ennen muotopuristeaihioiden asettamista muottiin suoritettiin ohjelman testiajo, jolla varmistettiin ohjelman toimivuus. Kun ohjelma oli varmistettu toimivaksi, muotopuristeaihio kiinnitettiin ruuvaamalla se tiukasti jokaisesta kulmasta muottiin. Kiinnitys oli tarpeen muotopuristeaihion liikkumisen estämiseksi. Puristeessa on aina sisäisiä jännitteitä, joten istuinosa ei voinut leikata kerralla irti ahiosta. Riskinä kokonaan irti jyrsimisellä oli, että istuinosa irtoaisi alustastaan kesken jyrsinnän samalla vaurioituen ja vaurioittaen CNC-jyrsintä. CNC-jyrsimen liikerata ohjelmoitiin siten, että se leikkaisi muodon neljässä osassa ja lopullinen istuinosa irrotus muotopuristeaihiosta tapahtuisi käsivaraisesti.

Istuinosaan jyrsintäaika oli noin kolme minuuttia. Jyrsinnässä poistettiin ainevahvuutta 3 mm kerrallaan, joten jyrsinterä kiersi jyrsittävän aihion ympäri neljä kierrosta. Jyrsinnän jälkeen aihio irrotettiin ja tilalle vaihdettiin seuraava muotopuristeaihio. Jyrsitty istuinosa oli edelleen kiinni muotopuristeaihiossa (kuva 37, s. 61).



Kuva 37 Muotopuristeaihiot CNC-jyrsinnän jälkeen. Istuinosaat ovat vielä kiinni aihioissa. (Köckritz 2019.)

Valmis istuinosa saatiin sahaamalla jyrsitty kappale irti aihioista. Kiinnikekohdat oli vielä hiottava pois (kuva 38). Kohdissa, joissa jyrsinohjelman kaaret liittyivät toisiinsa, jyrsinterän liikerata seisautui hetkeksi. Tämän seisahduksen aikana jyrsinterä pyöri ja pyörimisen aiheuttama kuumuus poltti jälkiä leikkaukseen. Tummentuneet kohdat oli myös hiottava pois ennen pintakäsittelyä.



Kuva 38 listuinkappaleiden kiinnikekohdat paikoissa, joissa CNC-jyrsinterä nousi aihioista. Kohdat hiottiin pois. Istuinkappaleessa nähtävissä keskellä sininen CWP-viilukerros ja pinnassa pieniä jyrsinnän aiheuttamia viulun repeämiä. (Köckritz 2019.)

CNC-jyrsimellä muotopuristeisiin saatiin tavoiteltu teollinen tasalaatuisuus. Jyrsintä oli kuitenkin aiheuttanut satunnaisia vaurioita pintaviiluun, kun poraava jyrsinterä oli repinyt viilusta säikeitä. Suurin osa vahingoista oli korjattavissa kevyellä hionnalla, mutta osa puristeista vaurioitui niin, että niiden pintaviilu irtosi kokonaan. Tällaiset kappaleet olisivat teollisessa tuotannossa hävikkiä. Jotta tällaisilta vahingoilta vältyttäisi, voisi olla jopa järkevää pintakäsittellä

aihiot kertaalleen ennen muodon irti jyrsimistä tai käyttää teippiä leikkauslinjalla molemmin puolin muuttia. Leikkauksessa käytettiin uutta jyrspartnerää, joten viilun repeytyminen ei johtunut terän tylsyydestä.

#### 4.9 Pintakäsittely

Lapinjärven tuolin istuinpuristeet oli lakattu. Siinä käytetty lakka oli korkeakiiltoista ja lakkakerros paksuhko. Lakan sävy oli kellertävä. Samankaltaisen pinnan saamiseksi rekonstruktioon, pintakäsittelynä päädyttiin käyttämään LeTonkinois -lakkaa. LeTonkinois -lakka sisältää pellavaöljyä ja kiinanpuuöljyä, ja se on korkeakiiltoista ja väriltään kellertävää.

Kyseistä lakkaa käytetään ominaisuuksiensa vuoksi paljon puuveneiden lakkauksessa, jossa lakalta vaaditaan erityistä kestävyyttä. Lakka kestää hyvin kävelyä, jatkuvaa kosteutta sekä UV-säteilyä. Lakka on yksikomponenttinen eikä siinä ole haihtuvia liottimia. Sen käyttö ei edellytä suojainten käyttöä ja lakan kanssa voi työskennellä sisätiloissa voimakkaasta ominaishajusta huolimatta.

Ennen lakan levittämistä vaadittiin vielä pohjatöitä. Jalavapintaiset istuinpuristeet hiottiin P240-karheuden hiontapaperilla. Hionnan jälkeen puristeet imuroitiin ja pyyhittiin etanolilla. Näin pinta saatiin tasaiseksi, puhtaaksi ja kuivaksi ja se oli valmis lakan levittämiseen (kuva 39).

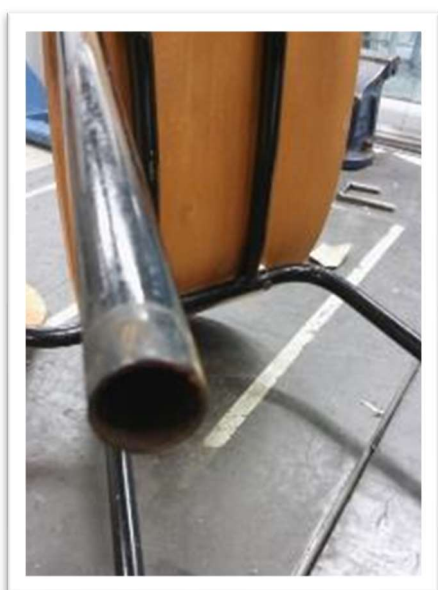


Kuva 39 Rekonstruktion jalavapintaisten istuinosaisten lakkaukseen LeTonkinois-lakalla (Köckritz 2019)

Muotopuristeet lakattiin vuohenkarvasiveltimellä. Ensimmäinen lakkaus tehtiin laimentamalla LeTonkinois etanolilla. Seos tehtiin 1:1. Muotopuriste lakattiin ensin toiselta puolelta ja seuraavana päivänä toiselta puolelta. Seuraavat lakkakerrokset levitettiin laimentamattomalla LeTonkinois-lakalla. Aina ennen uutta lakkakerrosta edellinen pinta hiottiin P400-korkeuden hiontapaperilla ja puhdistettiin lakkapölystä. Istuinpuristeet hiottiin ja lakattiin molemmilta puolilta yhteensä kahdeksan kertaan. Lakkauskertojen välillä lakka sai kuivua vähintään vuorokauden. Rekonstruktion istuinpuristeiden lakkaus vei aikaa yli kaksi viikkoa. Valmis lakkaus sai kuivua vielä kaksi viikkoa, ennen kiinnityksen aloittamista.

#### 4.10 Putkirungon valmistus

Lapinjärven tuoli oli taivutettu ja hitsattu 19 mm pyöröputkesta (kuva 40). Putken seinämävahvuus oli 1 mm. Rekonstruktion runkoon käytettiin saman kokoista pyöröputkea. Putken vahvuudeksi valittiin vahvempi 1,5 mm putki. Lapinjärventuolin putkien taivutus oli siistiä, mutta taivutuskulmat eivät olleet tuolin eri osissa identtisiä. Tämä viittaa siihen, että rungon valmistuksessa oli käytetty putkentaivutinta, mutta taivutus on tehty todennäköisesti käsin ja mahdollisesti yksittäiskappaleena.



Kuva 40 Lapinjärven tuolissa käytetty pyöröputki mitattiin työntömitalla. Putken vahvuuden mittaaminen onnistui irrottamalla jalasta suojatulppa. (Köckritz 2018.)

Rungon taivutuskulmat oli mitattu aiemmin mallinnusta tehtäessä, joten taivutuskulmien suuruus tunnettiin. Koska taivutettaessa taipuma riippuu myös muista seikoista kuin taivuttimeen asetetusta taivutuskulmasta, oli ennen rungon taivutusta tehtävä taivutuskokeita (kuva 41).

Taivuttamisessa oli huomioitava putken palautuminen, kun taivutuskulmaa asetettiin (kuva 42). Taivutuskone taivuttaa putkea paitsi haluttuun horisontaaliseen suuntaan, myös epätoivotusti hieman vertikaalisti taivutuskoneen tasoon nähden. Taivutettaessa perättäisiä kulmia, oli huolehdittava linjan säilymisestä, ettei putki pääse kääntymään taivuttimessa. Tätä linjaa tarkkailtiin vesivaa'alla (kuva 43).



Kuva 41 Putkirungon osien taivuttaminen putkenvääntimellä. Taivutuskohdan aloituspiste mitattiin putken päästä ja merkki kohdistettiin taivutuksen aloituspisteeseen. (Köckritz 2018.)

Kuva 42 Kuvassa näkyy taivutuskoneeseen asetettu taivutuskulman asteluku sekä palautumisen asteluku (Köckritz 2018).

Kuva 43 Kuvassa tarkastetaan vesivaa'allaperäkkäisten kulmien pysyminen samassa linjassa (Köckritz 2018).

Taivutuskokeiluissa saavutettujen onnistumisten jälkeen taivutettiin putkirungon osat kahta tuolia varten. Taivuttimella tehtiin kahdella perättäisellä taivutuksella yhdestä kappaleesta tuolin etujalka ja selkänoja. Näitä runkokappaleita oli tuolissa kaksi.



Runkokappaleet yhdistävät kaksi tukipienaa olivat Lapinjärven tuolissa kaarevia. Kaarevuus saatiin putkeen kuljettamalla putkea toistuvasti putkenvääntimen läpi. Kaartuneesta putkesta katkaistiin halutun mittaiset kappaleet tukipienoiksi.

Tuolin takajalat olivat suorat, joten niiden aihoksi riitti oikeaan mittaan katkaistu halkaisijaltaan 19 mm putki. Leikattuja ja taivutettuja osia verrattiin vielä alkuperäisen tuolin vastaaviin osiin. Teräsrunko koostui yhteensä kuudesta kappaleesta (kuva 44).

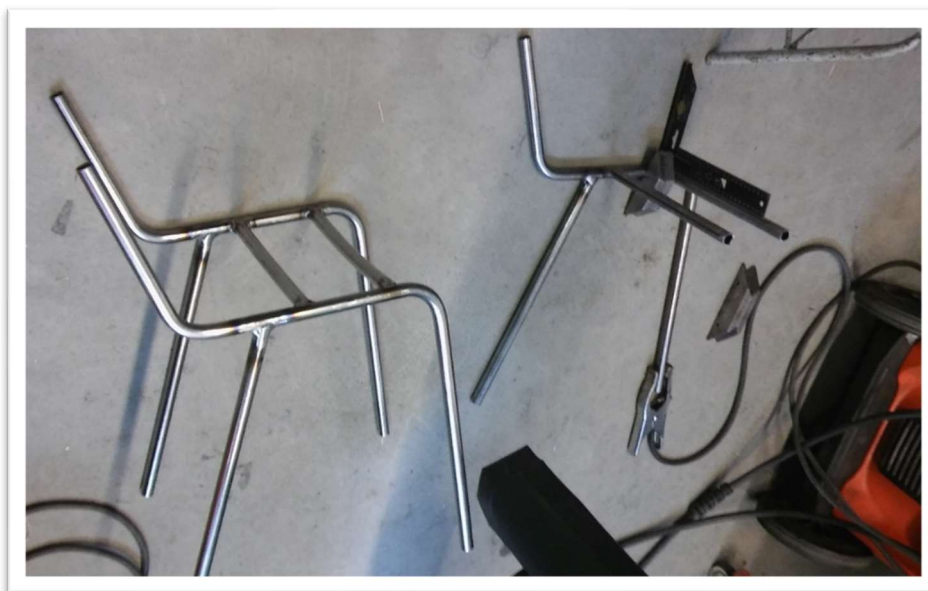


Kuva 44 Rekonstruktion rungon kappaleet määrämittaam sahattuina sekä taivutettuina (Köckritz 2018)

Rekonstruktion rungon osia oli työstettävä ennen kuin ne voitaisi kasata. Takajalkojen ja välipienojen suoraan leikatut päät oli työstettävä ennen kuin ne voisi hitsata kiinni pyöreään pintaan. Takajalkojen kiinnityskohtaan oli saatava oikea kulma ja pää oli viilattava muotoonsa katkaisusahalla sekä käsiviilalla. Samoin oli toimittava välipienojen muotoilun kanssa.

Hitsaus tehtiin MIG-hitsauskoneella käyttäen 1,5 mm hitsauslankaa. Hitsaus tehtiin lattialla, jossa oli tarpeeksi suuri ja tasainen pinta hitsauksen tekemiseksi. Osat kiinnitettiin toisiinsa aluksi pistehitsauksella. Tämä oli välttämätöntä, sillä hitsauksen aiheuttama lämpö sai putken laajenemaan ja liikkumaan. Pistehitsattu osa olisi vielä irrotettavissa ja kohdennettavissa tarvittaessa uudelleen ennen lopullista kiinni hitsausta.

Runkoja tehtiin kaksi (kuva 45). Vaikka tuolin rungoista yritettiin tehdä identtisiä, eroja löytyi. Putkirungon hitsauksessa syntyneet epätoivotut epätarkkuudet vahvistivat aiempaa olettamaa, että myös Lapinjärven tuoli oli käsin hitsattu eikä teollisesti tuotettu.



Kuva 45 Putkirunkojen hitsausta metallipajan lattialla. Hitsaus tehtiin MIG-hitsauskoneella. (Köckritz 2019.)

Lapinjärven tuolin putkirungon hitsaussaumamat olivat melko viimeistelemättömiä ja karkeita, kuten aiemmin on kuvailtu. Lapinjärven tuolin putkirungon kiiltävän musta maali häivytti hieman rosoisia hitsaussaumoja. Rekonstruktion rungon saumat hiottiin hiontalaikalla, mutta niitä ei häivytetty kokonaan. Lopputulos oli kuitenkin siistimpi kuin Lapinjärven tuolissa. Hitsaussaumausta tulisi huomattomampia myös rekonstruktiossa, joka maalattaisi samankaltaisella kiiltävän mustalla maalilla (kuva 46, s 67).



Kuva 46 Rekonstruktion putkirunko valmiiksi maalattuna (Köckritz 2019)

Ennen maalausta putkirunko pyyhittiin etanoli-vesiseoksella suojarasvan poistamiseksi. Tuoli pohjamaalattiin mustalla Ferrex ruosteenestomaalilla. Pintamaalaus tehtiin kahdesti liuotinpohjaisella täyskiiltävällä Teknos Futura 90 -metallimaalilla. Maalaus tehtiin luonnonkarvasiveltimellä.

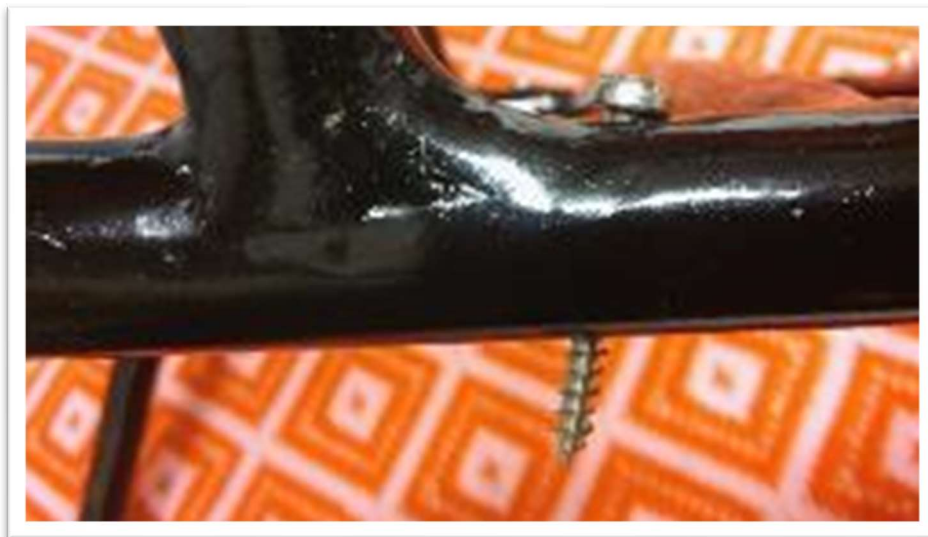
#### 4.11 Istuinosa kiinnittäminen

Istuimien kiinnitys ruuveilla runkoon oli viimeinen työvaihe. Pienikin virhe tässä vaiheessa pilaisi koko työn. Ennen rekonstruktion jalavaosien käyttöä kiinnitystapa ja kiinnityksen kestävyys testattiin harjoituspuristeilla.

Yleinen tapa vaneri-istuinten kiinnittämiseen on, että istuin kiinnitetään päältäpäin istuinpuristeen läpi putkirunkoon. Lapinjärventuolin istuin oli kuitenkin kiinnitetty ruuveilla alhaalta putkirungon läpi istuinosaan pohjaan siten, että ruuvien kärki jäi piiloon istuinosaan sisään.

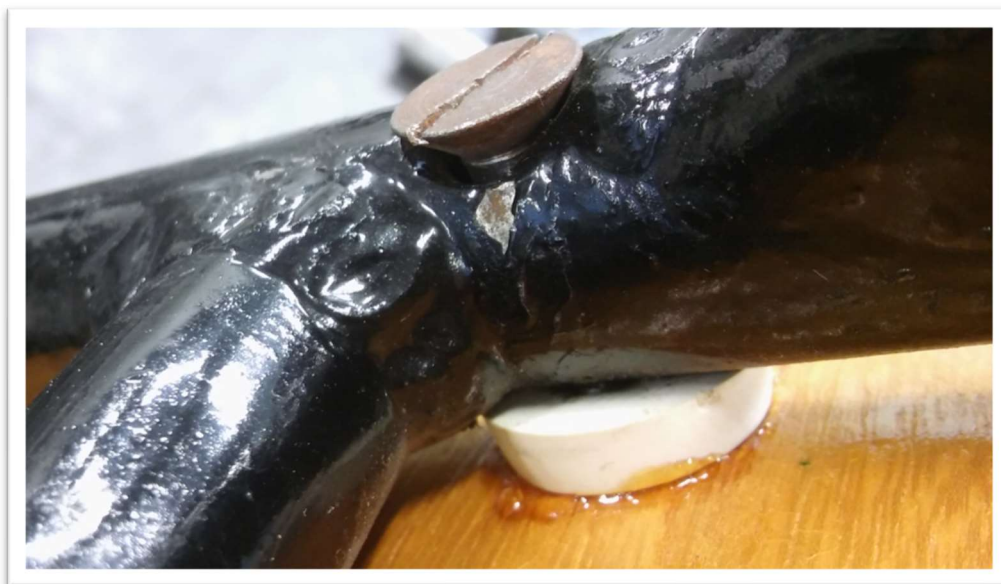
Tämä kiinnitystapa oli vaikeampi toteuttaa kuin läpivuovaus, sillä istuinosaan päälle ei voi merkitä rungon paikkoja ja porauskohtia. Istuimen pinta jäisi kuitenkin koskemattomaksi ja myös ulkonäöllisesti eheäksi. Vahvan ja käyttöä kestävä kiinnityksen aikaan saaminen oli piilokiinnityksellä myös vaikeampaa kuin istuimen lävistävässä kiinnitystavassa. Alhaalta kiinnitettäessä vaarana oli, että ruuvi porautuisi istuinpinnan läpi, ruuvien kärki nostaisi pintaviilua koholle tai ruuvi ei uppoaisi istuimeen riittävän syväälle vahvan kiinnityksen muodostumiseksi.

Jotta ruuvi kiinnittyisi mahdollisimman pitkälle istuimeen, tulisi se porata istuimeen vinossa kulmassa (kuva 47). Koska istuinosa on kaareva, ruuvaus oli tehtävä reunoilta keskustaa kohti. Vinoruuvauksen haittana olisi, että ruuvin kanta jäisi sivulta hieman näkyviin.



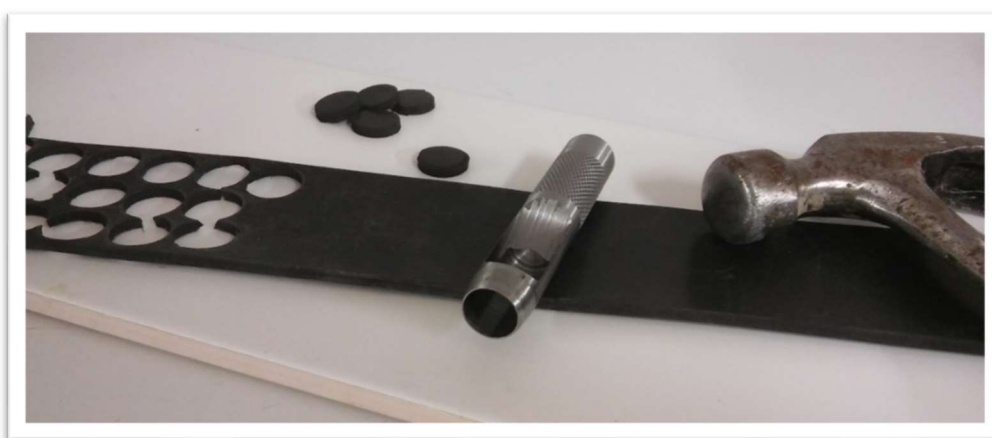
Kuva 47 Rungon reiät porattiin vinoon. Vinossa kulmassa ruuvi pureutuisi puuhun pidemmälle eli liitoksesta saataisiin vahvempi. (Köckritz 2019.)

Lapinjärven tuolissa ruuvi oli ruuvattu istuinosaan lähes pystysuoraan. Kiinnityspintaa oli lisätty laittamalla kuminen aluslevy metallirungon ja istuimen väliin. Aluslevy oli liimattu molemmilta pinnoiltaan eli muotopuristeeseen sekä putkirunkoon (kuva 48, s. 69). Kuminen aluslevy oli tarpeellinen kiinnityspinnan suurentamisen lisäksi myös vaimentimena. Ilman aluslevyä istuinosa asettuisi suoraan metallirunkoa vasten ja kiinnitykseen olisi käytettävä lyhyempää ruuvia kuin aluslevyn kanssa. Lyhyt ruuvi ei ehkä kestäisi ja ainakin se olisi herkempi löystymään tuolia käytettäessä. Istuutuminen ja tuolilta ylösnousu aiheuttaisivat pian kolinaa liitosten löystyessä ja jonkin ajan kuluttua ruuvien sekä istuinosaisten irtoamisen.



Kuva 48 Lapinjärven tuolissa valkoinen kuminen aluslevy oli liimattu istuinosan alapintaan. Kiinnitykseen on käytetty talttapäisiä uppokantaruuveja. (Köckritz 2018.)

Rekonstruktioon tulisi saada mahdollisimman pitkä ruuvi ilman vaaraa, että ruuvin kärki lävistäisi istuinosan. Lapinjärven tuolissa aluslevynä oli käytetty valkoista, jo hieman halkeillutta, kumia. Rekonstruktioon aluslevyn väriksi valittiin rungon värin mukaisesti musta, roiskeläppäkumiksi kutsuttu kumi. Kyseinen kumi kestää öljyä ja liuottimia, joten se olisi mahdollista liimata liuotinpohjaisilla liimoilla, kuten kontakti- tai voimaliimoilla. Koska valmiita aluslevyjä ei ollut saatavilla, aluslevyt tehtiin itse lyömällä ne 20 mm punssilla 3 mm vahvuisesta kumimatosta (kuva 49).



Kuva 49 Istuinosan ja rungon väliin tarvittavan vaimentamat aluskumit tehtiin lyömällä ne punssilla irti kumimatosta (Köckritz 2019).

Aluslevyjen keskelle porattiin 2 mm terällä reikä. Reikä jätettiin hyvin pieneksi, jotta ruuvi porautuisi siihen mahdollisimman tiukasti. Reiän teko ehkäisisi aluslevyn pyörähtämisen ruuvien kiinnityksen aikana tai ainakin pienentäisi liikkumisen riskiä. Aluslevyn liikuttamista heti liimauksen jälkeen olisi vältettävä, koska liiman kovettuminen alkaa välittömästi ja liikuttaminen heikentäisi liimausta.

Sopivan liiman valitsemiseksi tehtiin liimauskokeita (kuva 50). Liimoina kokeiltiin Kiilto Oy:n valmistamaa Tixo -kontaktiliimaa sekä Kiilto Premium Voimaliimaa, Pattex -kontaktiliimaa ja Sikabond T2 -voimaliimaa. Vahvimman kiinnityksen tuotti Kiilto Premium Voimaliima. Liima pitävyyttä testattiin käsivoimin vetämällä osaa irti kohtisuoraan liimaukseen nähden. Vetolujuutta tarvittiin, jotta istuinosat pysyisivät kiinni rungossa tuolia liikuteltaessa ja käytettäessä. Liimauskoe kannatti suorittaa, sillä ensimmäinen vaihtoehto ei olisi ollut soveltuvin, vaan oikea liima löytyi kokeilemalla.



Kuva 50 Liimauskokeita. Tangon, vaimennuskumin ja lakatun puukappaleen testiliimaus. Liimauksen annettiin kuivua vuorokausi. Sekä kontakti- että voimaliima levitettiin kaikille liimattaville pinnoille ja sen annettiin kuivua pinnasta ja olosuhteista riippuen 15–30 minuuttia ennen liimapintojen yhdistämistä. (Köckritz 2019.)

Istuinosien kiinni pysyminen oli tärkeämpää kuin liimauksen vaivattomuus. Väritön ja helposti käsiteltävä Tixo -kontaktiliima oli houkuttelevin vaihtoehto, mutta liimaukseen valittiin testiliimauksessa vahvimaksi osoittautunut Kiilto

Premium Voimaliima. Voimaliima jäi kuivuessaan valkoiseksi ja sen siisti levittäminen oli hankalaa. Liima tarttui voimakkaasti levityssiveltimeen. Voimaliiman etuna oli, että se olisi tarvittaessa mahdollista maalata.

Runkoon porattiin akkuporakoneella reiät ensin 2,0 mm terällä (kuva 51), reikiä suurennettiin 4,2 terällä ja lopuksi reikä senkattiin, eli siihen tehtiin upotus, 4,8 mm terällä. Porauskulma määriteltiin silmämääräisesti kuhunkin kiinnityskohtaan sopivaksi. Käsivaraisuudesta johtuen jokaisesta esiporatusta reiästä tuli todennäköisesti hieman eri syvyinen.



Kuva 51 Reiän poraaminen pyöreään, liukkaaseen pintaan vaati esireiän tekoa pienellä terällä. Poraaminen aloitettiin 2,0 mm terällä. Taustalla näkyvä työntömitta oli tarkka ja tärkeä työkalu koko projektin ajan. (Köckritz 2019.)

Rungon reikien porauksen jälkeen istuinosaan ja selkänojaan porattiin esireiät 4 mm puuporanterällä (kuva 53, s. 72). Koska jokainen metallirunkoon porattu reikä oli hieman eri kulmassa, oli jokainen istuinosan ruuvi mitoitettava yksilöllisesti. Ruuveina käytettiin todennäköisesti 1950–1960-luvulla valmistettuja, pallokantaisia uusia talttapääruuveja.



Kuva 52 Istuinosaan pohjaan valmiiksi poratut esireiät ruuveille. Porauspöly imuroitiin pois. (Köckritz 2019.)

Ruuveille esiporatut reiät oli ulotettava mahdollisimman lähelle istuinpintaa mahdollisimman suuren kiinnitysalan saavuttamiseksi. Koska ruuvin leikkaava kärki ei ole ruuvissa pitävä osa, ruuvin kärki katkaistiin. Katkaisun jälkeen ruuvi olisi pitävä koko pituudeltaan. Riskinä oli, että ruuvin tylppä pää työntäisi puun syitä edellään aiheuttaen istuinpintaan kohouman tai viulun repeämän, jos esiporattu reikä olisi liian lyhyt eikä ulottuisi tarpeeksi lähelle istuinpintaa.

Koska kiinnitystapa oli haasteellinen, valmistettiin ensin koeversio replikasta. Istuinosa käytettiin harjoituskappaleiksi tehtyjä koivupintaisia puristeosia (kuva 53 s. 73,). Ensiksi kiinnitettiin istuinosa. Varoen tehdyn ruuvi kiinnityksen ja liimauksen jälkeen istuimelle asetettiin 15 kg lyijypaino vuorokaudeksi. Puristimia ei käytetty, koska ruuvit korvasivat ne. Lyijypaino vähensi ruuveihin kohdistuvaa vetorasitusta kumisten aluslevyjen liimauksen kuivuessa. Toinen istuinosa eli selkänoja kiinnitettiin seuraavana päivänä. Myös selkänojan ruuvi kiinnitystä tuettiin aluslevyjen liiman kuivumisen alussa asettamalla tuoli selälleen ja laittamalla selkänojan päälle lyijypaino taas vuorokaudeksi.





Kuva 53 Koivupintainen koeversio tuolista. Tuolia käytettiin kotiloissa. Se kesti arkipäiväistä käsittelyä hyvin. Selkänöjan kiinnitys oli jäänyt liian alas ja se alkoi tuntua epämiellyttävältä hetken istumisen jälkeen. (Köckritz 2019.)

Koivutuolia käytettiin kotiloissa muutama viikko ja sitä käsiteltiin melko huolettomasti. Tuoli ja sen kiinnitykset kestivät siirtelyt, nostelut, istumisen ja istuimella seisomisenkin. Runko osoittautui vahvaksi ja tukevaksi. Jos runko olisi hitsattu 1 mm vahvuisesta putkesta, runko olisi saattanut joustaa ja taipua, joten vahvemman putkimateriaalin valitseminen osoittautui oikeaksi. Lapinjärven tuolin ohuemmasta materiaalista valmistetussa rungossa olevat symmetriaerot rungossa saattavatkin johtua tuoliin kohdistuneesta rasituksesta ja mahdollisesta tuolilla keikkumisesta, joka on johtanut osien vääntymiseen.

Lopullinen jalavapintainen tuoli, eli Lapinjärven tuolin rekonstruktio, kasattiin samalla tavalla kuin koivusta tehty testituoli. Istuimen ja selkänöjan väliä kuitenkin suurennettiin ja selkänöja nostettiin ylemmäs. Testiversiossa tuolin istuimen ja selkänöjan väli oli jäänyt liian lyhyeksi. Liian alas jäänyt selkänöja oli istuttaessa epämukava (kuva 54, s. 74).



Kuva 54 Valmis rekonstruktio Lapinjärven tuolista (Köckritz 2019)

Liimausten annettiin kuivua rauhassa kuukausi. Näkyviin jäänyt liimamassa poistettiin kirurginveitsellä. Rekonstruktio oli valmis.

## 5 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS

### 5.1 Laadullisen tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuus eli reliabiliteetti ja pätevyys eli validiteetti ovat käsitteitä, joita käytetään yleensä arvioidessa opinnäytetyön merkitystä ja tulosten sovellettavuutta. Laadullisessa eli kvalitatiivisessa tutkimuksessa ei kuitenkaan voida suoraan käyttää reliabiliteetti- ja validiteettikäsitteitä samalla tavoin kuin määrällisessä eli kvantitatiivisessa tutkimuksessa. Vaikka kirjallisuudessa on näkemuseroja siitä, mitä menetelmiä voidaan käyttää tutkimuksen reliabiliteetin ja validiteetin mittareina, niin yleisesti voidaan todeta, että laadullisen ja määrällisen tutkimuksen luotettavuutta ei voida mitata samoilla arviointikriteereillä (ks. esim. Eskola & Suoranta 1998, Kananen 2017). Laadullisen tutkimuksen olosuhteita on pääsääntöisesti mahdotonta toistaa, toisin kuin määrällisessä tutkimuksessa, joissa tutkimukseen vaikuttavat muuttujat voidaan usein pitää vakioina.

Tutkimuksen merkityksellisyyttä arvioitaessa, yksi tärkeimmistä seikoista on luotettavuus. Tieteellisyys perustuu todettuihin tosiseikkoihin, havaintoihin ja niistä johdettuihin päätelmiin. Vaikka tutkimus olisi kaikin puolin oikein toteutettu, mutta jonkin tutkimusosion luotettavuus voidaan kyseenalaistaa, tuhoaa epäily nopeasti koko tutkimuksen merkityksen. Tutkimuksen kaikkien osaluoiden luotettavuus on osoitettava erikseen.

Luotettavuutta voidaan arvioida eri tavoin. Laadullisessa tutkimuksessa totuus on suhteellista, sillä laadulliselle tutkimukselle on ominaista tutkimuksen ainutkertaisuus. Arvioinnissa on huomattava, että tutkimuksessa oleva ja sillä saavutettu tieto suodattuvat aina subjektiivisuuden kautta. Se, mikä esitieto on tutkimuksen toteuttajalla tai sen lukijalla, vaikuttaa lopputulokseen samoin kuin molempien tulkinta uudesta tiedosta. Lähtökohtaisesti voidaan olettaa, että opinnäytetyön tekijällä on esitietoa aiheesta. Olettama perustuu opinnäytetyöntekijän suorittamiin koulutusalan opintoihin, joiden voidaan olettaa lisänneen opinnäytetyön tekijän ymmärrystä tutkittavasta aiheesta.

## 5.2 Teoriatieto luotettavuuden osoittajana

Laadullisen tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida tutkimusta viitoittavan aiemman tutkimuksen, julkaistun kirjallisuuden ja muun teoriatiedon avulla. Opinnäytetyön tekijän on osoitettava perehtyneisyys tutkittavaan aiheeseen. Tämän voi tehdä esittelemällä tutkimusta tukevaa kirjallisuutta. Teorian ko-koava kirjallisuuskatsaus, joka koostuu luotettavina pidetyistä lähteistä, osoit-taa tutkijan perehtyneisyyttä ja on tutkimuksen luotettavuuden perusta.

Koska tutkimuskohteena oli yhdistelmä osaamisalueita, ei sitä kokonaisuutena käsittelevää kirjallisuutta löytynyt. Lähdeluettelosta voidaan kuitenkin huo-mata, että eri osaprosesseihin liittyvää luotettavaa lähdekirjallisuutta on löy-detty. Useat lähteet ovat koulutuksessa hyväksytyjä oppimateriaaleja, joten niitä voidaan pitää lähtökohtaisesti luotettavina ja lähteiden määrää kattavana. Kirjallisuuskatsauksella osoitetaan opinnäytetyön tekijän perehtyneisyyttä ai-heeseen.

Tutkimusraportin luotettavuutta voidaan arvioida dokumentoinnin yksityiskoh-tien perusteella. Työvaiheista otetut valokuvat lisäävät tutkimuksen luotetta-vuutta ja raportoinnin aitoutta. Tutkimusraporttiosuudessa viitataan paikoin aiemmin esitettyyn teoriaan eli kirjallisuuskatsauksessa esitettyihin väitteisiin ja toteamuksiin. Näin teoria-aineisto ja empiria tukevat ja vahvistavat toisiaan, mikä lisää tutkimuksen luotettavuutta ja raportoinnin uskottavuutta.

## 5.3 Tutkimusraportin ja johtopäätösten luotettavuus

Opinnäytetyön toiminnallinen tapaustutkimus on valmistusprosessi ja tulos näyttäytyy tutkimusraporttina. Saavutettu tieto on taidollista ja toiminnallista tietoa eli prosessuaalista (prosessia koskevaa) tietoa (Anttila 207, 10). Siinä abduktiivinen päättely, eli havaintojen tai tosiseikkojen perusteella syntynyt järkevä selitys, vuorottelee käytännön ja teorian tasolla. Se lähtee liikkeelle empiriasta torjumatta teorian jatkuvaa taustalla oloa. Jatkuvassa toiminnan ar-vioinnissa seurataan ja tarvittaessa korjataan etenevää prosessia. (Anttila 2007, 62–63.)

Kun opinnäytetyön tekijä voi toiminnallisessa tutkimusraportissaan osoittaa teoratiedon ja empirian vastaavan toisiaan, voi tutkimusta pitää lähtökohtaisesti luotettavana. Vaikka laadullisessa tutkimuksessa ei aina voi tehdä yleistäviä johtopäätöksiä, se on mahdollista. Esimerkiksi testattaessa menetelmän toimivuutta tai tutkittaessa yksittäistä valmistustapaa, yleistettävyyttä voidaan osoittaa teoratiedon ja tutkimuksessa todetun tuloksen ollessa samankaltaiset. Tällöin teoratieto voidaan osoittaa todeksi, kuten rekonstruktion valmistuksen aikana useasti havaittiin.

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida myös tulosten toistettavuudella. Vaikka laadullisessa tutkimuksessa tutkimuskohde saattaa olla ainutkertainen, siihen kuuluvat osa-alueet voivat olla toistettavissa. Opinnäytetyössä tehtiin aluksi 12 muotopuristetta ja prosessi dokumentoitiin tutkimusraporttiin. Raportoinnin ja tulosten oikeellisuus tarkastettiin ja varmistettiin vuotta myöhemmin tekemällä vielä kolme muotopuristetta tutkimusraportin mukaisesti. Tutkimuksen tulokset osoittautuvat siten oikeiksi, toistettaviksi sekä siirrettäviksi ja sovellettaviksi samankaltaisissa menetelmä- ja rekonstruktiokeiluissa.

Opinnäytetyön johtopäätökset ovat opinnäytetyön tekijän päättelyä teorian ja empirian kohtaamisesta ja havaintoja uuden tiedon synnystä. Johtopäätökset toimivat reflektiona tutkimuksen tekemisestä. Johtopäätökset voivat olla odotettuja tutkimustuloksia, mutta ne yleensä paljastavat tutkimuksen puutteet ja tarpeen uusille tutkimuksille. Tutkimukset harvoin tuovat vain vastauksia vaan niiden tehtävänä on herättää myös kysymyksiä. Tutkimuksen luotettavuutta arvioidessa työn ja tulosten kyseenalaistaminen on yhtä tärkeää kuin saavutettujen tulosten ja uuden tiedon esittäminen.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 6.1 Pohdinta opinnäytetyön tuloksista

Opinnäytetyön tavoitteena oli valmistaa rekonstruktio 1950-luvun muotopuristetuoista. Tavoitteena oli kuvata siihen liittyviä prosesseja ja taustoittaa niitä kirjallisuuskatsaukseen tukeutuvalla teorialla. Samalla tallennettaisiin tavoitteen mukaisesti kokemuksia ja tietoutta kylmäpuristemuotin ja muotopuristeen valmistuksesta. Opinnäytetyö saavutti nämä sille asetetut tavoitteet.

Rekonstruktion valmistaminen alkoi elokuussa 2018. Helmikuussa 2019 rekonstruktio valmistui. Opinnäytetyön kirjoittaminen aloitettiin samanaikaisesti ja raakaversio valmistui huhtikuun 2019 lopulla. Opinnäytetyön kirjoittamista jatkettiin syyskuussa 2019 ja se viimeisteltiin maaliskuun 2020 aikana.

Syksyn 2019 ja helmikuun 2020 välisenä aikana tehtiin lisää muotopuristeita kylmäpuristustekniikalla. Lisäpuristeiden valmistamisella testattiin jo kirjoitetun tutkimusraportin toimivuutta ja vahvistettiin käsitystä tutkimuksen luotettavuudesta. Teoriaosuutta ja tutkimusraporttia täydennettiin havaintojen perusteella. Tutkimusraportti osoittautui päteväksi ja luotettavaksi, sillä tulokset olivat toistettavissa samankaltaisina. Tutkimusraportissa oli riittävä tieto kylmäpuristemuotilla valmistettavan tuotteen valmistamiseksi. Kirjallisuuskatsauksen teoriaosasta oli löydettävissä syventävää tietoa, mutta oleellinen oli dokumentoitu riittävässä määrin tutkimusraporttiin. Opinnäytetyön tavoite kylmäpuristustekniikan menetelmätiedon kokoamisessa ja tallentamisessa saavutettiin.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli koota kylmäpuristustekniikkaan liittyvä julkaistu tieto. Kylmäpuristusteen valmistaminen on yhdistelmä osaamisalueita. Kuten kirjallisuuskatsauksessa jo todettiin, vaneriteollisuuden liittyvää tietoa on paljon. Viilun valmistuksesta, kuivauksesta ja vanerin valmistukseen käytettävistä menetelmistä on olemassa huomattava määrä julkaistua tietoa. Vaneriteollisuudessa käytettävistä liimoista on myös yleistietoa, mutta liimojen tarkempi koostumus on yrityssalaisuus.

Muotopuristeiden valmistamisesta teollisessa tuotannossa on jonkin verran mainintoja, mutta menetelmätietous on ymmärrettävistä syistä häivytetty pääsääntöisesti yrityssalaisuuden taakse. Teolliseen muotopuristamiseen liittyvä julkaistu menetelmätieto on sangen yleisluontoista eikä suoraan sovellettavissa käytäntöön. Muotopuristamisesta löytyy kuitenkin julkaisuja, joissa esimerkiksi muotin valmistusta kuvataan tarkastikin. Muotin suunnittelusta ja siinä oleellisesti huomioon otettavista seikoista sen sijaan ei juurikaan tietoa löytynyt. Opinnäytetyössä korostuu muotin suunnittelu melko laajana osa-alueena. Muotin onnistunut valmistaminen ei olisi onnistunut ilman tarkkaa suunnittelua. Opinnäytetyön kannalta tämä prosessikuvaus on siten erityisen merkityksellinen.

Opinnäytetyö tuo esiin rekonstruktion valmistamisen edellyttämän osaamisen laajuuden eri työvaiheissa. Metallisen putkirungon valmistamista kuvaava osuus on merkityksellinen mietittäessä rekonstruktion valmistamista kokonaisuutena. Opinnäytetyössä on kuvattu tarpeellinen tieto metallin ominaisuuksista yksittäisen kappaleen valmistamiseksi. Metallin ominaisuuksien syvämpi tutkiminen ei ollut rekonstruktion teon kannalta olennaista. Metallitöiden tekeminen ei kuulu varsinaisesti restaurointiopintoihin. Se on osaamisala, minkä merkitystä tulisi restaurointiopinnoissa kenties lisätä tai tarjota jatkossa mahdollisena erikoistumisväylänä. Metallirunkoisten huonekalujen korjaus, esimerkiksi Bauhaus -tuolien korjaaminen ja uusien osien valmistaminen niihin, voi kuitenkin olla restauroinnin erikoistumisala. Tätä ajatusta voisi olla syytä tutkia tarkemmin.

Kaikki 15 opinnäytetyön aikana valmistettua istuinpuristetta olivat yksilöitä, vaikka työmenetelmät ja materiaalit pysyivät lähes kaikissa muotopuristeissa samoina. Erot olivat pieniä, eivätkä ne olleet havaittavissa ilman yksityiskohden tarkastelua, mutta ne olivat olemassa. Hitsaussaumot ja tuolien rungot poikkesivat toisistaan siitä huolimatta, että pyrkimyksenä oli valmistaa samantyyppisiä kappaleita. Käsityönä tehty tuote on aina yksilöllinen. Puumateriaalia käytettäessä sitä ovat myös teolliset tuotteet.

Jatkossa olisi kiinnostavaa tutkia kooltaan ja muodoiltaan erilaisten muotopuristekappaleiden valmistamista. Muotopuristeiden koon kasvaessa ja muotojen lisääntyessä huomioitavien muuttujien määrä kasvaa merkittävästi. Virheidän mahdollisuudet lisääntyvät ja puuviilujen yksilölliset erot korostuvat. Opinnäytetyössä huomionarvoisiksi koetut seikat saattavat muuttua epäolennaisiksi tai tuloksiltaan epäpäteviksi muotopuristeen muuttuessa.

Lisäksi voisi olla tutkimisen arvoista, miten muotopuristemuotti voitaisiin valmistaa esimerkiksi hyödyntäen 3D-teknologiaa. Tulevaisuudessa muotti voi olla kustannustehokasta valmistaa 3D-tulostimella. CNC-jyrsintä käytetään jo nyt muottien valmistamisessa, mutta voisiko muottimateriaalien vaihdolla säästää etuja tai hyötyjä verrattuna vanerimuottiin? Muotin valmistuskustannukset ovat kylmäpuristustekniikkaa käytettäessä merkittävät. Entä miten tietoa kylmäpuristustekniikasta ja muotin valmistuksesta voisi hyödyntää esimerkiksi lasikuiturunkoisten huonekalujen korjauksessa ja rekonstruoinnissa? Opinnäytetyöhön koottua ja prosessien aikana syntynyttä tietoa voi soveltaa myös viilukorjauksiin ja muihin restaurointitöihin. Muotopuristemuottia voi olla mahdollista käyttää esimerkiksi intarsiassa eli puukoristelussa. Opinnäytetyö voi siten olla avuksi myös menetelmäkehittämisessä.

## **6.2 Rekonstruktion valmistamisen järkevyy**

Opinnäytetyö tuo esille yksittäisen tuolin rekonstruktion avulla työvaiheiden ja työhön vaadittavien taitojen kirjon. Rekonstruktion onnistuminen riippuu restauroijan resursseista, kuten tiedoista, taidoista, työkaluista, tiloista, ajasta, käyttöbudjetista sekä mahdollisen asiantuntija-avun ja materiaalien saatavuudesta. Käytettävissä olevat ja rekonstruktioon vaadittavat resurssit on mietittävä tarkkaan. Esimerkiksi suunnittelutyöhön, mittauksiin, piirroksiin, ohjelmointiin, testiversioihin, materiaalihankintoihin ja -valintoihin voi kulua aikaa jopa satoja tunteja. Muotopuristeen ja esimerkiksi kokonaisen putkirunkoisen muotopuristetuin rekonstruktio voikin olla järkevää tehdä usean ammattilaisen yhteistyönä. Opinnäytetyössäkin rekonstruktio on syntynyt lopulta useiden asiantuntijoiden avustuksella ja yhteistyöllä.



Vaikka materiaalikustannukset yksittäiskappaleen valmistuksessa nousevat verrattain korkeiksi, varsinainen kustannus koostuu työajasta. Tämä koskee myös alihankintana tehtäviä osia. Todennäköisesti putken vääntäminen ja hitsaus onnistuisivat alan ammattilaiselta nopeammin ja laadukkaammin, mutta alihankintatyö nostaa kustannuksia. Restauroijan työkalupakista löytyy harvoin myöskään CNC-jyrsintä, joten tämäkin työ kuulune alihankintana tehtäviin töihin. Rekonstruktion kustannusarvion tekeminen voi olla vaikeaa ja kustannukset nousta korkeiksi. Yksittäiskappaleen valmistuksessa muotopuristus kylmäpuristustekniikalla on kuitenkin kustannuksiltaan järkevä ja perusteltu menetelmä. Toki hinta ja resurssien tarve riippuvat valmistettavasta kohteesta, valmistusmenetelmistä, työvaiheiden määrästä ja työn vastaanottajan omista valmiuksista ja taidoista.

Opinnäytetyön tekeminen herätti kysymyksen rekonstruktion tekemisen järkevyydestä. Ennen rekonstruktion ryhtymistä tulee pohtia, onko taloudellista ja tarkoituksenmukaista tehdä rekonstruktio vai replika, eli alkuperäistä jäljittelevä, mutta alkuperäiseen käyttötarkoitukseen soveltumaton esine. Täyttäisiö siis alkuperäistä muistuttava replika asiakkaan tarpeen vai onko rekonstruktio ainoa ja edes mahdollinen vaihtoehto? Lisäksi rekonstruoinnissa on huomioitava kopion tekemisen etiikka ja mietittävä, onko rekonstruktion valmistamisessa vaara syyllistyä tuoteväärännökseen tai loukkaako rekonstruktio tekijänoikeuksia.

Vaikka trendikkäiden 1950-luvun muotopuristehuonekalujen kysyntä tulee enenevässä määrin työllistämään restauroijia, niin rekonstruktion tai kopio tekeminen kokonaisuudesta huonekalusta lienee tulevaisuudessakin harvinaista. Työn tilaajat eivät välttämättä ole valmiita sijoittamaan rekonstruktioon, eli tässä tapauksessa vieläpä tuotekopioon, summia, jotka voivat nousta alkuperäisen huonekalun arvoa korkeammiksi. Todennäköisempää lienee, että restauroija rekonstruoi ainoastaan osan 1950-luvun muotopuristehuonekalusta. Todennäköisintä lienee, että restauroija ei rekonstruoi lainkaan, vaan restauroi huonekalun. Ammattitaitoisille muotopuristeiden restauroijille riittää kysyntää nyt ja tulevaisuudessa.

Opinnäytetyö käsittelee muotopuristeen rekonstruktiota, mutta samalla se sisältää huomattavan määrän tietoa muotopuristehuonekalujen restaurointia varten. Muotopuristehuonekalujen restaurointi ilman muotopuristeiden valmistamiseen liittyvää taitotietoa, tai edes teoretietoa, on kyseenalaista, sillä riski esineen vahingoittamiselle on suuri. Jos rakennetta ja sen valmistamistapaa ei ymmärrä, restauroinnin onnistuminen on epätodennäköistä. Aikakauden työtapojen hallinta ja materiaalien tuntemus ovat rekonstruktion ja restauroinnin edellytyksiä.

## LÄHTEET

Alasuutari, P. 1989. Erinomaista, rakas Watson. Johdatus yhteiskuntatutkimukseen. Helsinki: Hanki ja jää.

AkzoNobel. 2020. Wood Adhesives. WWW-dokumentti. Saatavissa:

<https://woodadhesives.akzonobel.com> [viitattu 2.2.2020].

Anttila P. 2007. Realistinen evaluaatio ja tuloksellinen kehittämistyö. Hamina: Akatiimi.

Anttila, P. 1996. Tutkimisen taito ja tiedonhankinta, Taito-, taide ja muotoilualojen tutkimuksen työvälineet. Helsinki: Akatiimi.

Auvinen, S., Isomäki, O., Koponen, H., Saimovaara, J., Tiainen, Jouko, Tiainen, Juha & Tolvanen, P. 2002. Puutuoteteollisuus 3. Puusepänteollisuus. 1. painos. Opetushallitus. Helsinki, Edita.

Edwards, C. 2008. A history of veneer cutting. IN: Antique. Furniture Restoration and Conservation Guide: The 2008 BAFRA Directory, pp. 45–50. Loughborough University's Institutional Repository. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://repository.lboro.ac.uk/articles/A\\_history\\_of\\_veneer\\_cutting/9336008](https://repository.lboro.ac.uk/articles/A_history_of_veneer_cutting/9336008) [viitattu 13.1.2019].

Baldwin, R.F. 1995. Plywood and veneer-based products. Manufacturing practices. San Francisco, CA: Miller Freeman.

Bjorkman, D.C. 1985. Shop-Built Vacuum press. Air pressure bends and glue veneers. (toim) Editors of Fine woodworking. Fine Woodworking on bending Wood. 35 Articles. Newtown, CT: Taunton Press.

Celanese. 2020. Woodworking Adhesives. WWW-dokumentti. Saatavissa: [www.celanese.com/emulsion-polymers/product-groups/Woodworking-adhesives-europe.aspx](http://www.celanese.com/emulsion-polymers/product-groups/Woodworking-adhesives-europe.aspx) [viitattu 2.2.2020].

Finna.fi. 2020. Suomen museoiden, kirjastojen ja arkistojen aineistot. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://finna.fi/> [viitattu 2.2.2020].

Frihart, C.R. 2005. Wood Adhesion and Adhesives. Teoksessa Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. Edited by Roger M. Rowell. Boca Raton, FL: CRC Press.

Eskola, J & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. 3. painos Tampere: Vastapaino.

Helapaja. 2018. CN-koneistus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://helapala.fi/palvelut/cnc-koneistus/> [viitattu 23.10.2018].

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, p. 2007- Tutki ja Kirjoita. 13. osin uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Isomäki, O., Koponen, H., Nummela, A. & Suomi-Lindberg, L. 2005. Puutuoteteollisuus 2. Raaka-aineet ja aihiot. 1-1. painos. Helsinki: Edita.

Jackson, A., Day, D. & Jennings, S. 1996. The Complete Manual of Woodworking. A detailed guide of design, techniques and tools for the beginner and expert. Fourth printing, March 2000. New York, NY: Alfred A. Knopf.

Kananen, J. 2017. Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 234 Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kiilto. 2020. Viilutus- ja laminointiliimat. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kiilto.com/fi> [viitattu 2.2.2020].

Kleiberit. 2020. Adhesives. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kleiberit.com/en/adhesives/> [viitattu 3.2.2020].

Kleiberit. 2015. Safety Data Sheet. Kleiberit 871. Printing date 08/24/2015. Reviewed 05/07/2015. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiLqPqnpLnAhVL06YKHRnsDg0QFjAAegQIA-xAB&url=https%3A%2F%2Fwww.richelieu.com%2Fdocuments%2FdocsGr%2F118%2F887%2F1%2F1188871%2F1363427.pdf&usg=AOvVaw1s6Xn9pQXO4bsBloD2SEff> [viitattu 8.2.2020].

Kontinen, P., Kivistö, A., Söyriä, P. & Usenius, A. 1992. Vanerin valmistustekniikan automatisointi. VTT julkaisuja 756. Espoo, VTT Offsetpaino.

Koponen, H. 2005. Puutuoteteollisuus 4: Puulevytuotanto. 3-1. painos. Helsinki: Opetushallitus.

Koponen, H. 1989. Puutuotteiden liimaus. N:o 529. Hämeenlinna: Otatieto.

Korvenmaa, P. 2009. Taide & Teollisuus. Johdatus suomalaisen muotoilun historiaan. Helsinki: Taideteollisen korkeakoulun julkaisu B88. Lahti: Aldus.

Kuikka, K. & Räsänen, J. 1981. 1 Puusepän ammattitaito. Levy- ja suurtaajuusliimaaminen. Vaneroiminen. Keuruu: Otava.

Laakkonen, P. 1993. Puutekniikka 1. Muoto, rakenne ja tekninen piirustus. 1. painos. Helsinki: Otava.

Laatuvaneri. 2018. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.laatuvaneri.fi/CNCkoneistus> [viitattu 24.11.2018].

Liimatainen, A. 2012. Muotopuristuksen saannon optimointi. Case: Isku Teollisuus Oy. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu. Insinööri amk. Puutekniikka. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201204184653> [viitattu 24.1.2019].

Mäkinen, O. 2005. Tieteellisen kirjoittamisen ABC. Helsinki: Karisto.

Niemi, Seija A. 2015. Koivu. Suomen kansallispuu. Helsinki: Minerva.

Näppä, K. 2009. CAM-ohjelmiston käyttöönotto ja integrointi CNC-työstöön. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu. Puurakennetekniikka. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-200905052402> [viitattu 27.1.2019].

Opetushallitus. 2004. Puutuoteteollisuus. Päivitetty 20.9.2004. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/> [viitattu 27.1.2020].

Otamedia. 2003. Nykyaikaisen muottisuunnittelu- ja valmistusympäristön kehittäminen. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://www.tkk.fi/Units/Production/Publications/tkk-kpt-3-03.pdf> [viitattu 26.11.2018].

Porkola, M. 2015. Tuotantoketju mallista NC-koneistukseen. Oulun amk. Opin- näytetyö. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015122821671> [viitattu 27.11.2018].

Pourny, C & Renzi, J. 2014. The Furniture Bible. Everything You Need to Know to Identify, Restore & Care for Furniture. United Kingdom: Artisan Books.

Pro Puu-Keskus ja Suomen Metsäsäätiö. 2019. PuuProffa. Tieto taidon tukena. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://puuproffa.fi/> [viitattu 23.1.2019].

Rahikainen, T. 2011. Muotopuriste kuorirakenteena: kalusteiden keventäminen. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu. Muotoilu ja taideinstituutti. Muotoilun ylempi amk. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201104164406> [viitattu 27.1.2019].

Siikanen, U. 2016. Puurakentaminen. 2. uudistettu painos. Helsinki: Rakennustieto.

Suomi-Lindberg, L. & Viitaniemi, P. 2001. Puun liimausprosessin nopeuttaminen. Esilämmitetyn puupinnan liimaus. VTT:n julkaisuja 835. Espoo: Otamedia.

Square, D.S. 1995. The veneering book. Newtown, CT: Taunton Press.

Theseus. 2020. Theseus - ammattikorkeakoulujen opinnäytetyöt ja julkaisut verkossa WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/> [viitattu 2.2.2020].

Varis, R. (toim.) 2017. Puulevyteollisuus. Porvoo: Suomen Puuteollisuusinsinöörien yhdistys.

Vanerikäsikirja. 2005. Lahti: Metsäteollisuus.

Vilka, H. 2006. Tutki ja havainnoi. Helsinki: Tammi.

Väänänen, A. 1985. Vaneri. s. Teoksessa Juvonen R. & Kariniemi, J. (toim.) Mekaaninen metsäteollisuus 1. Vaneriteollisuus. Helsinki: Valtion painatuskeskus, 67-115.

## KUVALUETTELO

Kaikki kuvat ovat U. Köckritzin ottamia tai tekemiä ellei toisin mainita.

Kuva 1 Viilun sorvaus ja epäkeskosorvaus. Pro Puu-Keskus ja Suomen Metsäsäätiö. 2019. PuuProffa. Tieto taidon tukena. WWW-dokumentti. Saatavissa: <a href="https://puuproffa.fi/">https://puuproffa.fi/</a> [viitattu 23.1.2019].	14
Kuva 2 Viilun leikkaus tangentinsuuntaisesti ja säteen suuntaisesti. Pro Puu-Keskus ja Suomen Metsäsäätiö. 2019. PuuProffa. Tieto taidon tukena. WWW-dokumentti. Saatavissa: <a href="https://puuproffa.fi/">https://puuproffa.fi/</a> [viitattu 23.1.2019].	16
Kuva 3 Työkuva. Kuvaaja Mauno Mannelin. Kuvattu 1930-luvulla. Finna.fi. 2020a. Suomen museoiden, kirjastojen ja arkistojen aineistot. WWW-dokumentti. Saatavissa: <a href="https://finna.fi/Record/musketti_tmk.M20:Val727:11:18-1669">https://finna.fi/Record/musketti_tmk.M20:Val727:11:18-1669</a> [viitattu 2.2.2020].	22
Kuva 4 Liiman epäonnistunut ja onnistunut levitys.. Pro Puu-Keskus ja Suomen Metsäsäätiö. 2019. PuuProffa. Tieto taidon tukena. WWW-dokumentti. Saatavissa: <a href="https://puuproffa.fi/">https://puuproffa.fi/</a> [viitattu 23.1.2019].)	26
Kuva 5 Työkuva. Kuvaaja Mauno Mannelin. Kuvattu 1930–1939. Finna.fi. 2020b. Suomen museoiden, kirjastojen ja arkistojen aineistot. WWW-dokumentti. Saatavissa: <a href="https://finna.fi/Record/musketti_tmk.M20:Val727:11:17-1669">https://finna.fi/Record/musketti_tmk.M20:Val727:11:17-1669</a> [viitattu 2.2.2020].	29
Kuva 6 Tuoli 706 "Ulla", suunnittelija Olof Kettunen. Kuvakaappaus, muokattu: Bukowskis 2016. WWW-dokumentti. Saatavissa: <a href="https://www.bukowskis.com/fi/lots/788710-tuolipari-olof-kettunen-valmistaja-j-merivaara-1900-luvun-puolivali">https://www.bukowskis.com/fi/lots/788710-tuolipari-olof-kettunen-valmistaja-j-merivaara-1900-luvun-puolivali</a> [viitattu 27.11.2018].	30
Kuva 7 Lapinjärven tuoli	31
Kuva 8 Merivaaran tuote-esite. Issuu. 2018. Digital Publishing Platform. WWW-dokumentti. Julkaistu 21.10.2016. Saatavissa: <a href="https://issuu.com/mrdesigncatalogues/docs/merivaara-merva-catalogue-katalogi">https://issuu.com/mrdesigncatalogues/docs/merivaara-merva-catalogue-katalogi</a> [viitattu 27.11.2018].	31
Kuva 9 Taivutettujen viilurakenteisten puuvalmiiden osien valmistuskaavio. Opetushallitus. 2004. Puutuoteteollisuus. Kuvakaappaus. Saatavissa: <a href="http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/">http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/</a> [viitattu 27.1.2020].	33
Kuva 10 Rhinoceros 6 -mallinnus Lapinjärven tuolista	36
Kuva 11 Istuinosa muodon sijoittaminen levyille muotin valmistusta varten. Mallinnuksen apuna käytettiin Rhinoceros 6 -mallinnusohjelmaa.	36
Kuva 12 Rhinoceros 6 -mallinnusohjelmalla tehty mallinnus valmiista muotista	38
Kuva 13 Koon 600 x 2440 x 21 koon havuvanerilevyt odottamassa CNC-työstöä	38
Kuva 14 Rhinoceros 6 -mallinnusohjelmalla tehty hahmottelu muotin osien sijoittelusta 21 mm vahvuiselle vanerilevyille	39
Kuva 15 Rhinoceros 6 -mallinnuksen siirto ja muokkaaminen CAM-ohjelmaksi. Näytöllä näkyy suunnitelma muotin kappaleiden 2D-leikkauksesta.	40

Kuva 16 Lehtori Haapanen kalibroi CNC-jyrsimen terän. ....	40
Kuva 17 Puristimet varmistavat levyn paikallaan pysymisen jyrsinnän aikana .....	41
Kuva 18 Muotin osat CNC-jyrsinnän jälkeen .....	42
Kuva 19 Muotin osien irrottaminen ahiosta tarkkuuspyörösahalla .....	42
Kuva 20 Kierretangot valmistettiin terästangosta kierrevääntimellä käsin. Voiteluöljy helpottaa kierteiden tekemistä ja vähentää vääntimen kulumista.	42
Kuva 21 Muotin pinnat viimeisteltiin siklillä eli teräslevystä tehdyllä kaavintyökälulla. Siklillä saatiin kaarevasta pinnasta tasattua muottiosien saumat.....	43
Kuva 22 Viilujen leikkaus määrämitta. Teipillä estettiin viilun repeilyä.....	46
Kuva 23 Viilujen korjaamista liimaamalla ja teippaamalla.....	47
Kuva 24 Perinteisen koivuviilun lisäksi harjoituskappaleissa käytettiin siniseksi läpivärjättyä CWP-koivuviilua. Viilu toimi erinomaisena merkinä eri puristekokeilujen tunnistamisessa ja ladonnan suunnan osoittajana. Siniset viilut olivat puristeissa aina ladotut pituussuuntaan. ....	47
Kuva 25 Liiman levityksessä käytetty liimatela .....	49
Kuva 26 Hydraulipuristimen puristuspaineen asetus- ja osoitusnäyttö sekä käyttöpainikkeet.....	50
Kuva 27 PVAc-liimalla tehty ensimmäinen puriste. Viilut ottivat kiinni puristimen kanteen. Oikealla näkyy yksityiskohta, jossa viilut osuvat puristimen kanteen. Muotopuristeen onnistumiselle tällä ei ollut merkitystä. Muotti kuitenkin korjattiin, ettei jatkossa aiheutuisi vahinkoja. ....	51
Kuva 28 Liiman teksti ” Formaldehydarmer Harnstoffharzleim mit eingebautem Härter - lange Topfzeit” tarkoittaa vapaasti suomennettuna, että liiman formaldehydipitoisuus on alhainen ja liimajauhe sisältää itsessään liiman kovettimen.....	53
Kuva 29 Liiman sekoitus itse tehdyllä puulastalla vasemmalla sekä oikealla liiman sekoitus sekoitusvispilällä. Molemmat toimivat yhtä hyvin, mutta tarkoitukseen valmistetun vispilän kiinnittäminen oli helpompaa ja se pysyi paremmin kiinni porakoneen istukassa. ....	54
Kuva 30 Viilunippu tarkistettu ja ladottu valmiiksi liimausta varten .....	54
Kuva 31 Viilunipun puristus hydraulipuristimessa. Muotin yläosaan oli lisätty korotuspala liikkumisvaran kasvattamiseksi. Kookkaat suojamuovit viilunipun ja muottipeltien välissä vaativat oikomista. Puristin laskettiin alas vähän kerrallaan. Samalla varmistettiin viilunipun paikallaan pysyminen.....	55
Kuva 32 Etualalla olevassa muotopuristeaihiossa liimana on käytetty urealiimaa ja viilujen sekä teräslevyn välissä värjäytymisen estävää suojamuovia. Takana näkyvät värjäytyneet PVAc-aihiot. ....	56
Kuva 33 Ylimääräinen liima puristuu viilujen välistä. Kuvasta on havaittavissa urealiiman turpoaminen kuplimisena sen kovettuessa. ....	57
Kuva 34 Urealiimajälkiä aihion pinnassa. Aihion reunalla ollut liima jäi vain osin jyrsittyyn, valmiiseen muotopuristeeseen.....	58

Kuva 35 Leikkausradan ja käytettävien työkalujen määrittely CNC-jyrsintää varten. Teräksi valittiin 8 mm pora ja leikkaustavaksi poraava. ....	59
Kuva 36 Istuiniosien CNC-jyrsinnän testiajo, jossa tarkastettiin jyrsimen liikerata ja kohdistus ennen aihoiden kiinnitystä. Kylmäpuristusmuotin kansiosaa käytettiin aihoiden tukena istuiniosien jyrsinnässä. Aihion tarkka kiinnitys on edellytys onnistuneelle jyrsinnälle. ....	60
Kuva 37 Muotopuristeaihiot CNC-jyrsinnän jälkeen. Istuinosaat ovat vielä kiinni aihioissa. ....	61
Kuva 38 listuinkappaleiden kiinnikekohdat paikoissa, joissa CNC-jyrsinterä nousi ahiosta. Kohdat hiottiin pois. Istuinkappaleessa nähtävissä keskellä sininen CWP-viilukerros ja pinnassa pieniä jyrsinnän aiheuttamia viulun repeämiä. ....	61
Kuva 39 Rekonstruktion jalavapintaisten istuiniosien lakkaus LeTonkinois-lakalla. ....	62
Kuva 40 Lapinjärven tuolissa käytetty pyöröputki mitattiin työntömitalla. Putken vahvuuden mittaaminen onnistui irrottamalla jalasta suojatulppa. ....	63
Kuva 41 Putkirungon osien tavuttaminen putkenvääntimellä. Taivutuskohdan aloituspiste määritettiin putken päästä ja merkki kohdistettiin taivutuksen aloituspisteeseen. ....	64
Kuva 42 Kuvassa näkyy taivutuskoneeseen asetettu taivutuskulman asteluku sekä palautumisen asteluku. ....	64
Kuva 43 Kuvassa tarkastetaan vesivaa'alla peräkkäisten kulmien pysyminen samassa linjassa. ....	64
Kuva 44 Rekonstruktion rungon kappaleet määrämittaamalla sahattuina sekä taivutettuina. ....	65
Kuva 45 Putkirunkojen hitsausta metallipajan lattialla. Hitsaus tehtiin MIG-hitsauskoneella. ....	66
Kuva 46 Rekonstruktion putkirunko valmiiksi maalattuna. ....	67
Kuva 47 Rungon reiät porattiin vinoon. Vinossa kulmassa ruuvi pureutuisi puuhun pidemmälle eli liitoksesta saataisiin vahvempi. ....	68
Kuva 48 Lapinjärven tuolissa valkoinen kuminen aluslevy oli liimattu istuin-osan alapintaan. Kiinnitykseen on käytetty talttapäisiä uppokantaruuveja. ....	69
Kuva 49 Istuinosaan ja rungon väliin tarvittavan vaimentamat aluskumit tehtiin lyömällä ne punssilla irti kumimatosta. ....	69
Kuva 50 Liimauskokeita. Tangon, vaimennuskumin ja lakatun puukappaleen testiliimaus. Liimauksen annettiin kuivua vuorokausi. Sekä kontakti- että voimaliima levitettiin kaikille liimattaville pinnoille ja sen annettiin kuivua pinnasta ja olosuhteista riippuen 15–30 minuuttia ennen liimapintojen yhdistämistä. ....	70
Kuva 51 Reiän poraaminen pyöreään, liukkaaseen pintaan vaati esireiän tekoa pienellä terällä. Poraaminen aloitettiin 2,0 mm terällä. Taustalla näkyvä työntömitta oli tarkka ja tärkeä työkalu koko projektin ajan. ....	71
Kuva 52 Istuinosaan pohjaan valmiiksi poratut esireiät ruuveille. Porauspöly imuroitiin pois. ....	72



Kuva 53 Koivupintainen koeversio tuolista. Tuolia käytettiin kotiooloissa. Se kesti arkipäiväistä käsittelyä hyvin. Selkänojan kiinnitys oli jäänyt liian alas ja se alkoi tuntua epämiellyttävältä hetken istumisen jälkeen. ....	73
Kuva 54 Valmis rekonstruktio Lapinjärven tuolista .....	74