

Irma Mäkelä, Tarja Palvi (toim.)

Puumuoviliitosten tuotesovelluksia ja muita tutkimuskohteita

Lahden ammattikorkeakoulun julkaisu, sarja C Artikkelikokoelmat, raportit ja muut ajankohtaiset julkaisut, osa 151



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

Irma Mäkelä, Tarja Palvi (toim.)

Puumuoviliitosten tuotesovelluksia ja muita tutkimuskohteita

Lahden ammattikorkeakoulun julkaisusarjat

A Tutkimuksia

B Oppimateriaalia

C Artikkelikokoelmat, raportit ja muut ajankohtaiset julkaisut

Lahden ammattikorkeakoulun julkaisu

Sarja C Artikkelikokoelmat, raportit ja muut ajankohtaiset julkaisut, osa 151

Vastaava toimittaja: Ilkka Väänänen

Taitto: Minna Mujunen

ISSN 1457-8328

ISBN 978-951-827-199-7

Paino: Juvenes Print - Suomen Yliopistopaino Oy 2014



Sisällys

ESIPUHE	6
KIRJOITTAJAT	10
Irma Mäkelä TIIVISTELMÄ	11
Irma Mäkelä JOHDANTO	13
Kirsti Cura & Ilkka Tarvainen CLEANTECH PUUTUOTETEOLLISUUDESSA	25
Leo Lähteinen PUUN MUOVIHITSAUKSESTA ÄLYKKÄÄSEEN LIITTÄMISEEN	35
Reijo Heikkinen PUUMUOVILIITOSTEN TYÖKALUT	43
Pentti Järvelä & Pirkko Järvelä VANERIN PINNOITTAMINEN MUOVILLA	49
Jari Suominen CASE: 3D-VIILU	59

ESIPUHE

Puulle lisäarvoa ja uusia mahdollisuuksia muovien avulla

Puu on yksi vanhimmista ihmisen käyttämistä materiaaleista ja puun käyttö on jo vuosituhansia sitten ollut hyvin laaja ja monipuolinen. Muovit taas ovat uusin materiaalityyppi, sillä ensimmäiset varsinaiset muovit kehitettiin viime vuosisadan alkupuolella. Saksalainen kemisti Hermann Staudinger tutki makromolekyylien kemiaa 1920-luvulla ja häntä pidetään makromolekyylikemian perustajana. Hän sai Nobelin palkinnon tutkimustyöstään vuonna 1953. Puu ja muovi muistuttavat rakenteeltaan hyvin paljon toisiaan ja käytännössä puu ja lujitemuovit muistuttavat myös rakenteeltaan hyvin paljon toisiaan. Molemmat materiaalit koostuvat orgaanisista polymeereistä ja erilaisista lisä-, apu-, täyte- ja lujiteaineista.

Puu ja muovi ovat kaksi hyvin tärkeää materiaalityyppiä ja puumuovi yhdistelmäateriaalien merkitys on koko ajan kasvamassa. Puu on ollut koko ihmiskunnan historian ajan hyvin keskeinen materiaali. Puun käyttö voidaan jakaa moniin ryhmiin, joista tärkeimmät käyttökohteet ovat: puu rakennusmateriaalina, puun energiakäyttö, puupohjainen paperi, puu teknisenä materiaalina, puupohjaiset kuidut, puupohjaiset kemikaalit ja puun käyttö elämissä (terveysvaikutukset).

Puu kuuluu uusiutuviin, biopohjaisiin ja biohajoaviin materiaaleihin, jotka kaikki ovat erittäin tärkeitä tekijöitä kestäväen kehityksen kannalta. Puulla on myös muita käytön kannalta merkittäviä ominaisuuksia: alhainen ominaispaino, korkea ominaislujuus, hyvin laaja materiaalityyppialue, korkea energiapitoisuus ja hyvin pitkä elinikä. Puulla on myös ominaisuuksia, jotka rajoittavat puun käyttömahdollisuuksia: puu on palava, kosteissa olosuhteissa biohajoava, epähomogeeninen materiaali ja sen ominaisuudet vaihtelevat paljon. Puun ongelmia ovat myös puun ja erityisesti tiettyjen puulajien ja -koostumusten saatavuus sekä kasvunopeudeltaan tehostetut (lannoitetut) puut.

Puu koostuu rakenteeltaan selluloosakuiduista, erilaisista orgaanisista sideaineista ja lukuisista lisäaineista. Lisäksi sen koostumus riippuu hyvin paljon puulajista. Puun ominaisuudet riippuvat myös hyvin paljon puun kasvuolosuhteista ja kasvuajankohdasta, samoin kuin puun kaatoajan kohdasta. Kasvupaikka ja kaatoajankohta voivat vaikuttaa suomalaisen havupuun ominaisuuksiin jopa kymmeniä prosentteja.

Puun käytön kehityksessä on tällä hetkellä erotettavissa ainakin seuraavat painopistealueet:

Puun sisältämien kemikaalien käytön kehittäminen. Tuoreessa puussa on hyvin monia erilaisia orgaanisia yhdisteitä. Paperinjalostusprosessin tuloksena nämä orgaaniset yhdisteet ovat tuhoutuneet lähes kokonaan ja puun energiakäytössä täydellisesti. Käytettäessä puuta sellaisenaan näistä kemikaaleista on merkittävää hyötyä puun käytön kannalta, sillä esimerkiksi suomalainen havupuun on erittäin antibakteerinen materiaali. Suomelle on aikoinaan ollut erittäin merkittävää tervan tuottaminen erilaisiin käyttötarkoituksiin. Puun orgaanisten yhdisteiden käytön kehittämisessä on hyvin monia eri tavoitteita, kuten muovit, funktionaaliset kemikaalit ja lääkkeiden

raaka-aineet. Muovien osalta kehityksen tavoitteena on valmistaa ligniinistä termoplastista ligniiniä, joka olisi erittäin kilpailukykyinen materiaali nykyisille valta- ja teknisille muoveille. Ensimmäiset termoplastiset ligniinit ovat tutkijoiden mielestä kehityksessä lähellä valmiita muoveja. Funktionaalisia kemikaaleja ollaan kehittämässä myös moniin tarkoituksiin, ja suomalaisista tuotteista yksi tunnetuimpia on havupuun pihkaan perustuvat ihovoiteet. Lääketieteen kehityksen eräänä kohteena on tutkia puusta saatavia lääkeaineita ja muita uusia sovelluksia, ja tämä osaltaan vie puupohjaisten materiaalien kehitystä eteenpäin.

Puun rakenteen keskeinen materiaali on selluloosa (sellukuitu), jota on tähän asti pääasiassa käytetty paperipohjaisten tuotteiden raaka-aineena, mutta tällä hetkellä paperin käyttö on monilla eri käyttöalueilla vähenemässä. Puun rakenteen osalta on merkittävää, että perinteinen sellukuitu koostuu mikrosellukuiduista ja mikrosellukuidut koostuvat nanosellukuiduista. Tällä hetkellä sellukuitujen kehityksen pääpaino on keskittynyt nanoselluloosan ja muiden erikoisselluloosien valmistuksen ja käytön kehittämiseen. Suomalaiset tutkimuslaitokset ovat aloittaneet tutkimuksen, jossa selvitetään selluloosapohjaisten kuitulankojen soveltuvuutta tekstiiliteollisuuden raaka-aineeksi (Tutkimusprojekti VTT, Aalto ja TTY). Sellukuitujen mahdollisuudet komposiittirakenteissa ovat erittäin hyvät, sillä sellukuidun ominaisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin lasikuidun ominaisuudet. Hyvin suuria odotuksia selluloosapohjaisille kuiduille on sekä lujitemuovi- että tekstiiliteollisuudessa. Sellukuitujen lujuusominaisuudet ovat erittäin korkeat, tiheys suhteellisen alhainen ja lämmönkesto koostumuksesta riippuen 200...250 °C.

Puun käyttö energiana on tullut hyvin merkittäväksi käyttökohteeksi ainakin Suomessa. Puun energiakäyttö on hyvin yksinkertaista, mutta tämän suhteen on hyvin monia mielipiteitä. Puun energiakäyttö on kuitenkin kansantalouden kannalta kannattamattomin vaihtoehto, sillä kaikissa muissa vaihtoehtoissa puun jatkojalostus työllistää huomattavasti enemmän ja puun jalostusarvo on merkittävästi korkeampi. Puun energiakäytöllä saattaa olla myös hyvin suuria ympäristövaikutuksia, sillä puun kantojen poistaminen metsästä ja hyödyntäminen energiana vaikuttaa paljon ympäröivään luontoon.

Puumuovikomposiitit (WPC) muodostavat tällä hetkellä erään keskeisen puun ja muovin kehityskohteen. WPC -materiaaleilla on hyvin monia käyttösovelluksia ja niiden tärkein käyttökohde ovat erilaiset rakennusmateriaalit. Suomalaisia WPC -pohjaisia materiaaleja ovat mm. UPM ProFi- ja UPM Formi-komposiitit, Onbone Oy:n kehittämä kipsausinnovaatio (Woodcast), muovikomposiitit soitinten (Flaxwood-kitara, Elastopoli luonnonmateriaalikomposiitit) materiaalina, puumuovinen kuksa (Kupilka, Joensuun Meskari Oy) jne. Lastulevyt ja vanerit kuuluvat myös WPC -materiaaleihin, vaikka tätä ei aina täysin hyväksytä. Sulatyöstettävät WPC -komposiitit kehittyvät koko ajan erittäin voimakkaasti. Eräs tunnetuimpia suomalaisia puumuovikomposiitteja oli Neste Oy:n aikoinaan toteuttama Helsinki-Vantaan lentoaseman muovikomposiittilattia.

Puun käyttö sellaisenaan on myös edelleen kehittymässä, mutta keskeinen puun käyttöä rajoittava tekijä on puun saatavuus. Esimerkiksi Suomessa selluteollisuuden raaka-aineiden tuottaminen on vähentänyt erittäin paljon teknisen puutavaran saatavuutta. Eri lähteiden mukaan Suomen puuvarannot ovat suuremmat kuin koskaan, kuten myös puun vuosikasvu. Sama tilanne on trooppisten puulajien kohdalla, sillä esimerkiksi ebenpuun (ebenholtz) saatavuus on tällä

hetkellä erittäin pientä. Puurakentamisen osalta on tapahtumassa suurta kehitystä ja myös Suomessa on mahdollista alkaa rakentaa puisia kerrostaloja. Puun käyttö sellaisenaan on globaalisti hyvin laajaa ja puu oikein käytettynä on monissa tapauksissa erittäin hyvä vaihtoehto. Tässä on muistettava, että on osattava käyttää oikeaa puuta ja oikealla tavalla.

Puulevyt ja muovit. Keskeisiä puupohjaisia levyjä ovat vanerit ja lastulevyt. Näissä levyissä sideaineena ovat yleensä erilaiset kertamuovit, joista yleisimmin käytettyjä ovat fenoliformaldehydihartsit. Näiden levyjen pinnoitteina käytetään hyvin paljon erilaisia kerta- ja kestumuoveja ja niihin perustuvia komposiitteja. Pinnoitteiden avulla voidaan vaikuttaa hyvin paljon puupohjaisten levyjen käyttöön. Eräs hyvin laajaa käyttöä saavuttanut puupohjainen levy on MDF (Medium Density Fiberboard), jolla on suurta käyttöä erityisesti rakentamisessa. Pinnoitetuilla vanereilla on hyvin suuria potentiaalisia mahdollisuuksia erilaisissa sovelluksissa.

Puun ja muovin osalta on tapahtumassa myös hyvin suurta kehitystä.

Puun ja muovin makroskooppinen yhdistäminen. Puun ja muovin makroskooppista yhdistämistä tapahtuu monilla eri tavoilla ja tässä käydään lävitse alan muutamia keskeisiä (potentiaalisia) mahdollisuuksia. Kertamuovit ovat hyvin paljon käytettyjä materiaaleja puun liittämässä ja pinnoituksessa (kertamuovikomposiitit), mutta kestumuoventen käyttö on lisääntymässä voimakkaasti. Kertopuu on yksi keskeisiä sovelluksia, jossa epäjatkuvista puunpaloista tehdään liimaamalla jatkuvaa puutuotetta. Samantyyppinen ratkaisu on hirsitaloissa käytettävän puuhirren valmistus yhteen liimatuista puupalkeista. Tällaisen hirren ominaisuudet riippuvat hyvin voimakkaasti käytetystä puuraaka-aineesta.

Rakentamisessa puut yhdistetään toisiinsa yleensä erilaisilla metallisilla liitoselementeillä, kuten naulat, ruuvit ja naulalevyt. Tällaisessa puun liittämässä metalliset liitoselementit rikkovat puuta ja tämä tulee ottaa huomioon rakenteiden suunnittelussa. Puukappaleiden liittäminen voidaan tehdä myös kestumuoveilla ja tällaisessa liittämässä tulee huomioida seuraavia tekijöitä; puun ja kestumuoventen välinen adheesio on alhainen ja tästä johtuen liimauspinta-alan tulee olla mahdollisimman suuri, liitokset pitää suunnitella siten, että kuormitukset ovat lähinnä leikkausta ja puristusta. Käytetyn jännitystason tulee olla kestumuoventen virumisen takia alhainen (5...10 % kestumuoventen myötölujuudesta). Kestumuoventen vanhenemisen takia liitokset tulisi suojata ulkoisilta tekijöiltä, erityisesti UV-säteilyltä ja kosteudelta. Tällä liitostekniikalla vältetään liitettävien puuosien mekaaniselta rikkoutumiselta ja edesautetaan puuosien uusiokäyttöä ja kierrätystä. Samaa tekniikkaan perustuen voidaan myös käyttää ruiskuvalettuja kestumuoveja puuosien liittämässä. Puuosat asetetaan insertteinä ruiskuvalumuottiin ja osien väliin ruiskuvaletaan sopivaa kestumuoventä. Puuosien liittämässä kestumuoventen kannattaa ottaa huomioon, että liitosmateriaalina käytettävää kestumuoventä voidaan modifioida erilaisilla lisä- ja apuaineilla hyvinkin paljon.

Puun tulevaisuus. Puun käytöllä puuna ja raaka-aineena erilaisiin sovelluksiin on hyvin suuria potentiaalisia mahdollisuuksia. Puu on ollut kautta aikojen yksi Suomen tärkeimmistä materiaaleista. Puun tulevaisuuden jatkamiseksi Suomessa tarvitaan hyvin laajaa osaamista ja tähän tulisi panostaa edelleen riittävän paljon. Osaamista tulisi lisätä niin puun tuotannossa, jalostuksessa kuin käytössä. Tämä edellyttää yhteiskunnalta riittävää panostusta koulutuksen ja tutkimuksen

kehittämiseen. Tämän lisäksi olisi kyettävä säilyttämään yritysten mielenkiinto puuhun ja sen käytön kehittämiseen. On varmaa, että puun käytölle löytyy tulevaisuudessa myös uusia sovellusalueita. On myös muistettava, että puunjalostusteollisuuden ei tarvitse aina olla suurteollisuutta, sillä puulle löytyy myös erilaisia pieniä sovelluksia. Näistä voisi mainita pieninä esimerkkeinä puupohjaiset sähkö- ja elektroniikkalaitteiden kotelot, puusta valmistetut silmälasinkehykset ja puukammat (puksipuu). Erittäin suuri painoarvo puun opetuksessa ja tutkimuksessa tulee kohdistaa puun käyttöön monimateriaalisissa hybridirakenteissa ja näiden soveltamisessa eri käyttöalueille. Tämä edellyttää myös uusien prosessointi- ja valmistustekniikoiden kehittämistä.

Pentti Järvelä

professori

materiaaliopin laitos

Tampereen teknillinen yliopisto

KIRJOITTAJAT

Cura Kirsti, projektipäällikkö, ELITE - ja Poistaripaja -hankkeet,
Lahden ammattikorkeakoulu, tekniikan ala

Heikkinen Reijo, lehtori, Lahden ammattikorkeakoulu, tekniikan ala,
materiaalitekniikan koulutusohjelma, muovilaboratorio

Järvelä Pentti, professori, Tampereen teknillinen yliopisto, materiaaliopin laitos

Järvelä Pirkko, yliopettaja, Lahden ammattikorkeakoulu, tekniikan ala,
materiaalitekniikan koulutusohjelma, muovitekniikka

Lähteinen Leo, projekti-insinööri, Lahden ammattikorkeakoulu, tekniikan ala

Mäkelä Irma, projektipäällikkö, Lahden ammattikorkeakoulu, tekniikan ala

Suominen Jari, lehtori, puutekniikan vastuopettaja,
Lahden ammattikorkeakoulu, tekniikan ala,

Tarvainen Ilkka, lehtori, Lahden ammattikorkeakoulu, tekniikan ala, puuala

Irma Mäkelä

TIIVISTELMÄ

Artikkelikokoelmassa kerrotaan Lahden ammattikorkeakoulun Tekniikan alan materiaalitekniikan koulutusohjelman toimenpiteistä, joilla alueen ja insinööriopetuksen puu- ja muovitekniikan osaamista ja työelämävastaavuutta on parannettu PUM-osahankkeessa. Esipuheessa luodaan katsaus, miten puulle saadaan lisäarvoa ja uusia mahdollisuuksia muovin avulla. Cleantech puutuoteteollisuudessa -artikkelissa määritellään, mitä cleantech tarkoittaa puutuoteteollisuuden näkökulmasta, sekä luodaan katsaus eurooppalaisen ja suomalaisen puutuoteteollisuuden koosta ja merkityksestä kansantaloudelle. Lisäksi siinä käsitellään, mitä cleantech tarkoittaa käytännössä Lahden ammattikorkeakoulun puutekniikan koulutuksessa ja TKI-toiminnassa. Puun muovivihit-
sausesta älykkääseen liittämiseen -artikkeli käsittelee PUM-osahankkeessa toteutettuja tutkimus- ja kehittämissuunnitelmia, kuten puumuoviliitos- ja puuhun älyä muovilla -sovellukset, Thermo-
plaster -laitteen valmistus sekä akustiikkalevyn ja 3D-viulun tutkimushankkeet. Reijo Heikkisen kirjoittamassa artikkelissa on kerrottu lyhyesti puumuoviliitosten työkalujen teoriaa eli siitä, mitä tarkoittaa älykkäiden liitosten tekeminen puumateriaaliin. Hän kertoo myös puumuoviliitosten valmistusprosessin ominaisuuksista ja vaatimuksista sekä käytännön toteutuksissa esiintyneistä haasteista. Vanerin pinnoitus muovilla -artikkeli käsittelee vanerin rakennetta ja ominaisuuksia, pinnoitteita ja pinnoitusmenetelmiä sekä vanerin reunan pinnoittamiseen liittyviä haasteita. Jari Suominen luo katsauksen puutuotteiden muotopuristukseen ja erityisesti menetelmiin sekä materiaaleihin, joiden avulla on mahdollista valmistaa 3D-muotopuristeisia. Tutkimushankkeessa pyrittiin ratkaisemaan ja kehittämään 3D-viilulle uusia ratkaisumalleja.

Puurikastamo (Puuri) -hanke koostui viidestä osahankkeesta. Sitä toteuttivat vuosina 2012–2014 Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy (kokonaishankkeen hallinnoija), Lahden ammattikorkeakoulu, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Työtehoseura ry ja Kouvola Innovation Oy. Hanke oli Etelä-Suomen EAKR-ohjelman ja Päijät-Hämeen liiton osarahoittama. Lisäksi sitä rahoittivat toteutukseen osallistuneet osahanketoteuttajat ja yritykset.

Puurikastamo (Puuri) -hankkeella haettiin ratkaisua puun jatkojalostuksen toimintaympäristön muutokseen ja kehittämiseen Etelä-Suomen alueella. Toimenpiteet kohdentuivat erityisesti puutuote- ja kalusteteollisuuteen. Ratkaisuja haettiin pk-yritysten kehittämiseen keräämällä tietoa monipuolisesti liiketoiminnan eri sektoreilta. Liiketoimintaa kehitettiin monipuolisesti uusiin innovaatioihin ja tuotemateriaaliyhdistelmiin asti. Tarkastelun kohteena olivat myös tuotteiden suojaukseen ja testaukseen liittyvät asiat sekä digitaalisten sisältöpalveluiden yhdistäminen eri tuoteratkaisuissa. Lisäksi tuettiin yritysten kansainvälistymiseen tähtäviä toimia. Osahankkeissa kehitettiin uusia lisäarvoa tuottavia malleja, työkaluja, toimintatapoja ja verkostoja. Osatoteuttajat perustivat yhteistyössä puutuoteteollisuuden kehittämistoimien tueksi yhteistyöryhmän (T&K-poolin).

Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy:n osahankkeen yhtenä tarkastelun kohteena olivat pk-yritysten liiketoimintamallien ja immateriaalioikeuksien kehittäminen sekä hallinta. Lappeenrannan teknillisen yliopiston osatoteutuksessa tutkittiin nanoseosteisten puukuitumateriaalien käyttöä eri sovelluskohteissa ja puutuoteteollisuuden ratkaisussa. Työtehoseura ry:n osahankkeessa kehitettiin ja tuotteistettiin kokopuolen keittiön kokonaisratkaisu. Tuotteelle luotiin myös ohjeita

suunnitteluun ja käyttöön. Kouvola Innovation Oy:n osatoteutus etsi puujalosteille uusia käyttökohteita, selvitti digitaalisten sisältöpalveluiden yhdistämistä tuotteisiin sekä kehitti kansainvälistymis- ja verkostoitumismahdollisuuksia. Lahden ammattikorkeakoulun Monialaiset rakenteet puutuotteiden valmistamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen (PUM) -osahankkeessa kehitettiin ja testattiin uusia tuotteita ja tuoterakenteita. Siinä tuotettiin ratkaisuja puutuotealan kilpailukyvyyn parantamiseksi kehittämällä uusia tuotteita, tuoterakenteita ja toimintamalleja eri alojen teknologioita yhdistäen. Näin puutuotteille saatiin uusia ominaisuuksia ja uusia sovellusmahdollisuuksia. Lahden ammattikorkeakoululla on Suomen ainoa akkreditoitu huonekalu- ja kalustealan laboratorio, jonka toimintaa osatoteutuksessa myös kehitettiin.

Avainsanat: cleantech, 3D-viilu, muotopuristus, muovihitsaus, pinnoite, PUM, Puuri, puumuoviliitos, Puurikastamo, puutuoteteollisuus, Thermoplaster, vaneri, älykäs liitos, älyliitos, älyä puuhun

Irma Mäkelä

JOHDANTO

Tiivistelmä

Artikkelissa luodaan katsaus Puurikastamo (Puuri) -hankkeeseen ja sen yhtenä osana toteutetun Lahden ammattikorkeakoulun Monialaiset rakenteet puutuotteiden valmistamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen (PUM) -osahankkeen lähtökohtiin, tavoitteisiin, tutkimuskohteisiin ja tuloksiin. Artikkelin yhteenvedossa luodaan lyhyt katsaus puu- ja huonekalualan tulevaisuuden haasteisiin ja näkymiin.

Puurikastamo (Puuri) -hankkeen lähtökohta ja tavoitteet

Puurikastamo (Puuri) -hanketta toteuttivat vuosina 2012–2014 Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy (kokonaishankkeen hallinnoija), Lahden ammattikorkeakoulu, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Työtehosseura ry ja Kouvola Innovation Oy.

Puurikastamo (Puuri) -hankkeella haettiin ratkaisua puun jatkojalostuksen toimintaympäristön muutokseen ja kehittämiseen Etelä-Suomen alueella. Hankkeen toimenpiteet kohdentuivat erityisesti puutuote- ja kalusteteollisuuteen. Hankkeen varsinaisena kohderyhmänä oli puun jatkojalostukseen keskittyvät pk-yritykset. Ratkaisuja haettiin pk-yritysten kehittämiseen keräämällä tietoa monipuolisesti liiketoiminnan eri sektoreilta. Liiketoimintaa kehitettiin monipuolisesti uusiin innovaatioihin ja tuotemateriaaliyhdistelmiin asti. Tarkastelun kohteena olivat myös tuotteiden suojaukseen ja testaukseen liittyvät asiat sekä digitaalisten sisältöpalveluiden yhdistäminen eri tuoteratkaisuissa. Hankkeen avulla tuettiin myös yritysten kansainvälistymiseen tähtääviä toimia. Hankkeeseen kuuluvissa osatoteutuksissa kehitettiin uusia lisäarvoa tuottavia malleja, työkaluja, toimintatapoja ja verkostoja.

Puurikastamo (Puuri) -hanke koostui viidestä osahankkeesta. Innovatiiviset puujalosteiden rikastustyökalut (IPR) -osahanke oli Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy:n osahanke, jonka tavoitteena oli muodostaa Etelä-Suomen alueelle puualan tutkimus- ja kehityspooli ja vakiinnuttaa sen toiminta. Yhtenä tarkastelun kohteena olivat pk-yritysten liiketoimintamallien ja immateriaalioikeuksien kehittäminen sekä hallinta. Lisäksi pk-yritysten ja myyntiorganisaatioiden välille tuotiin uudenlainen tuottaja-tilaajamalli, jonka avulla tähdättiin pitkäkestoiseen yhteistyöhön eri kumppanuuksien välillä.

Lahden ammattikorkeakoulun Monialaiset rakenteet puutuotteiden valmistamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen (PUM) -osahankkeessa kehitettiin ja testattiin uusia tuotteita ja tuoterakenteita. Osahanke tuotti ratkaisuja puutuotealan kilpailukyvyyn parantamiseksi kehittäen uusia tuotteita, tuoterakenteita ja toimintamalleja eri alojen teknologioita yhdistäen. Näin puutuotteille saatiin uusia ominaisuuksia ja uusia sovellusmahdollisuuksia. Lahden ammattikorkeakoululla on Suomen ainoa akkreditoitu huonekalu- ja kalustealan laboratorio, jonka toimintaa osahankkeessa myös kehitettiin.

Nanoseosteisten puukuitukomposiittimateriaalien hyödyntäminen puutuoteteollisuuden sovelluskohteissa (NANOKOMPO) -osahankkeessa Lappeenrannan teknillinen yliopisto tutki nanoseosteisten puukuitumateriaalien käyttöä eri sovelluskohteissa ja puutuoteteollisuuden ratkaisuisa.

Työtehoseura ry:n Ekologinen keittiö -osahankkeessa kehitettiin ja tuotteistettiin kokopuisen keittiön kokonaisratkaisu. Tuotteelle luotiin myös ohjeita suunnitteluun ja käyttöön. Osahanke tuotti ratkaisuja Ekologisen keittiösuunnittelun lähtökohdista. Markkinoilla ei ollut kokopuista ekologista keittiötä, joissa toimivuus olisi ollut mallistosuunnittelun lähtökohtana.

Kouvola Innovation Oy:n Työtä ja vientituotteita puusta (TYVIPUU) -osahanke etsi puujalosteille uusia käyttökohteita, selvitti digitaalisten sisältöpalveluiden yhdistämistä tuotteisiin sekä kehitti kansainvälistymis- ja verkostoitumismahdollisuuksia. (Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy 2014.)

Monialaiset rakenteet puutuotteiden valmistamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen (PUM) -osahankkeen lähtökohta ja tavoitteet

Puutuotealalla joudutaan taistelemaan halpatuontia vastaan. Lahden ammattikorkeakoulun Monialaiset rakenteet puutuotteiden valmistamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen (PUM) -osahankkeella pyrittiin toimialan kilpailukyvyyn parantamiseksi, työpaikkojen säilyttämisen ja uusien työpaikkojen synnyttämisen ohella, kehittämään yrityksille mahdollisuuksia luoda uusia tuotteita, tuoterakenteita ja toimintamalleja. T&K-työn suuntaaminen innovatiivisten puujalosteiden kehittämiseen nähtiin välttämättömäksi. Alalle oli tarve löytää myös uusia kilpailukykyisiä tuoteratkaisuja.

Lahden ammattikorkeakoulun osahankkeen tavoitteena oli yhdessä muiden osatoteuttajien kanssa muodostaa T&K-pooli, jolle oli syntynyt kysyntää puualan koulutuksen keskittyessä Lahteen ja loppuessa muualta Etelä-Suomen alueelta. Toinen peruste T&K-poolin muodostamiselle oli se, että Lahden ammattikorkeakoululla on Suomen ainoa akkreditoitu huonekalu- ja kalustealan laboratorio. Tämän akkreditoitun laboratorion ja yrityksille suunnatun testaus- ja kehityspalvelun yhteyteen oli järkevää rakentaa uusien innovatiivisten puutuotteiden kehittämisessä tarvittavia testauspalveluja.

Osahankkeen tutkimusideoita ja yrityskontakteja

Monialaiset rakenteet puutuotteiden valmistamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen -osahankkeessa kehitettiin ja testattiin uusia tuotteita ja tuoterakenteita. Kehitysmalliksi valittiin eri aloihin ja materiaaleihin liittyvän teknologian yhdistäminen, minkä avulla puutuotteille oli mahdollista saada uusia ominaisuuksia ja sovellusmahdollisuuksia. ”Puumuoviliitokset”, eli monialaiset liitokset, olivat vähän tutkittuja aihealueita, joten uusien sovellusten ja ratkaisujen syntymistä pidettiin todennäköisenä. Osahankkeessa selvitettiin ja tutkittiin lähtökohtia ja mahdollisuuksia sekä kehitettiin uusia potentiaalisia ideoita ja aihioita tuottaa tuotanto- ja markkinointikelpoisia tuotteita ja tuotejärjestelmiä, joissa on käytetty uusia rakenne- ja valmistusmenetelmiä. Toisena keskeisenä toimenpiteenä oli kehittää yritysten T&K-toimintaa tukevia asiantuntija- ja testauspalveluja yhdessä puualan T&K-poolin kanssa.

Uusien tuotemahdollisuuksien ideointiin ja teknologioiden yhdistämiseen liittyviä ratkaisuja tutkittiin ja kehitettiin esimerkiksi ruiskuvalunäytteille, taipuville ja joustaville moduulirakenteille eri kulmilla, elastiselle saumalle puukappaleessa, 3D-muodolle lämpömuovattavasta levyistä, akustiikkapaneelille sekä termoplastisten muovien pursotukseen kehitetylle liikuteltavalle laitteistolle. Valmistusmenetelmien ja tuotesovellusten ideointien ohella tutkimusaiheita etsittiin aktiivisesti pk-yrityksiltä ja niitä pyrittiin jalkauttamaan opiskelijaprojekteihin ja opinnäytetöihin. Hankkeen aikana neuvotteluja käytiin noin 35 tahon kanssa. Vuonna 2013 oltiin yhteydessä myös Puuntyöstömessuilla marraskuussa 2012 (kuva 1) yhteystietonsa jättäneisiin tahoihin (25 kpl) sekä lukuisiin muihinkin kiinnostuneisiin tahoihin.



Kuva 1. Osahankkeen ständi Puuntyöstömessuilla 2012 [Tarja Palvi 2012]

Osahankkeessa toteutettuja opiskelijaprojekteja ja opinnäytetöitä

Syksyllä 2012 yrityskäyntejä varten ideoitiin ja suunniteltiin mallikappaleita muun muassa ruiskuvalunäytteistä, joita voidaan käyttää asennuksissa, liitosten kokoonpanossa ja kappaleiden yhteen liittämässä. Tutkimuksia tehtiin paljon ja niistä saatiin lupaavia tuloksia. Taipuva tai joustava moduulirakenne eri kulmilla, käyttötarkoituksena esimerkiksi tuolit ja kantavien kattorakenteiden 3- ja 4-haarat, toteutettiin puusauvoille sekä ohuille ja paksuille vanerilevyille. Niissä käytettiin erilaisia muotoiluja ja muovilujuuksia. Elastinen sauma puukappaleessa onnistui hyvin. 3D-muodon saamisesta lämpömuovattavaan levyyn tutkimushankkeesta tehtiin hankeaikana kaksi keksintöilmoitusta, ja tutkimukset jatkuvat edelleen. 3D-muodon tutkimustuloksista on kerrottu tarkemmin tämän julkaisun Case: 3D-viilu -artikkelissa. Hankkeessa sisäverhoilutuotteeksi kehitetyn akustiikkapaneelin tutkimukset, valmistus- ja markkinointikanavien etsintä

jatkuvat. Termoplastisten muovien pursotukseen kehitetty liikuteltava Thermoplaster-laite toteutettiin monimuotoisena opiskelijaprojektina, jossa oli mukana puu- ja muovitekniikan sekä mekatroniikan henkilöstöä ja opiskelijoita. Lahden ammattikorkeakoulun Muotoiluinstituutin teollisen muotoilun opiskelijat laativat laitteelle muotoilukonsepteja. Laitteelle etsittiin myös valmistajaa ja myyjää, mutta ne eivät vielä hankeaikana tuottaneet tulosta. Osahankkeen tutkimus- ja kehittämisprojekteista on tarkemmin kerrottu tämän julkaisun artikkelissa Puun muovihitsauksesta älykkääseen liittämiseen. Mallikappaleita tutkimuskohteista on nähtävillä osahankkeen nettisivuilla www.lamk.fi/puuri. (Lahden ammattikorkeakoulu 2014.)

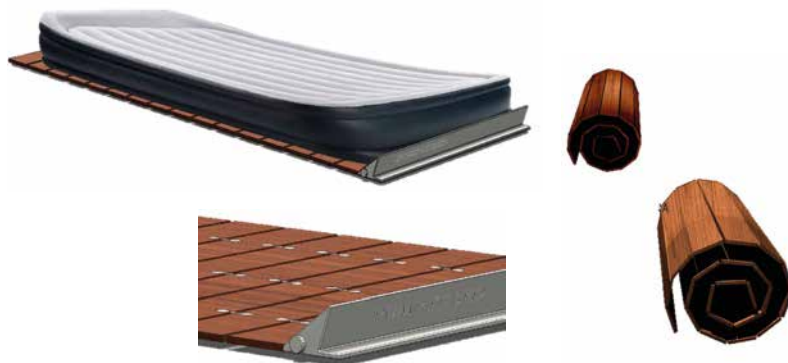
Puurakenteen reunalistoitus muovilla, esimerkiksi muoviniittien korvaaminen veneen reunoissa, vanerilevyn tiivistäminen muovilla, eli vesitiiviyyden saaminen vaneriin tai muihin sellaisiin rakenteisiin, sekä käyristyville vanerilevylle uusi vaihtoehtoinen ohutlevyrakenne eivät kiinnostaneet yrityksiä hankeaikana. Tämän julkaisun artikkelissa Vanerin pinnoittaminen muovilla on käsitelty vanerin reunan pinnoittamista ja siihen liittyviä haasteita.

Tutkimusaiheisiin liittyviä opiskelijaprojekteja (noin 20 erillistä ryhmätuotosta) ja oppinäytetöitä (5) toteutui tai käynnistyi hankeaikana useita, kuten edellä mainitun Thermoplaster-laitteen suunnittelu, toteutus ja muotoilu. Puutekniikan tuotekehitys- ja markkinointi -projektissa suunniteltiin keväällä 2013 osahankkeen lähtökohdista kolme eri tuotetta opiskelijaryhmissä, muun muassa kännykän kuori, tuoli ja pöytä sekä riippuva tuoli. Keväällä 2014 oli käynnissä puutekniikan opiskelijoiden tuotekehitysprojekteja. Oven karmiliitoksen kehitysprojekti käynnistyi keväällä 2014, jossa oli mukana sekä puu- että muovitekniikan opiskelijaryhmiä. Toisen yrityksen toimeksiantona toteutettiin keväällä 2014 ikkunan lyöntilaudan kiinnitysprojektiin liittyvä puutekniikan opiskelijaprojekti. Saman yrityksen toimeksiantona puutekniikan opiskelijoita osallistui myös Ekowat-ikkunan kulmaliitoksen ja loviliitoksen vahvistaminen -kehitysprojekteihin sekä tuolin jalkaliitoksen vahvistaminen -projektiin.

Keväällä 2013 Muotoiluinstituutin ideagenerointi -opiskelijaprojektissa ideoitiin osahankkeen toimeksiantona ”älyä liitoksiin puumuoviyhdistelmä” -tuotteita. Tehtävänä oli suunnitella ja ideoida älykkäitä puumuoviliitostuotteita, jotka olisivat myös toteutettavissa kustannustehokkaasti. Ideat antavat hyvin suuntaa siitä, mihin tällä liitostekniikalla pystytään ja mitä mahdollisuuksia sillä on. Näistä esimerkkejä ovat elastisen muovin käyttö lattialaudoitusten, patioiden ja veneiden rakenteissa, LED-valolistan käyttö keittiöiden valaistuksessa sekä fosforia sisältävä energiaa säästävä huomiovalolista, joka valaisee pimeässä ilman sähköä. Logistisiin tilantarveongelmiin esitettiin ratkaisuksi jäykän muovin snap-liitosta kasattavissa kuormalavoissa, joita on helppo käsitellä ja varastoida tilaa säästäen. Elastista saumaa tai liitosta esitettiin käytettäväksi muun muassa kasattavassa läppäripöydässä (kuvat 2 ja 3), monikäyttöisessä rullattava tuoli – pumpattava sänky -yhdistelmässä (kuvat 4–6), älykkäässä muotoiltavassa lamppulevyssä, jossa on langaton latausjärjestelmä, LED-kolmiovalaisimessa, muunneltavassa pyöräkorissa sekä kokoontaittuvasa, tilaa säästävässä matkamukissa. (Lahden ammattikorkeakoulu 2014.)



Kuvat 2 ja 3. Tuoteideana kasattava läppäripöytä (Mira Kautto 2013)



Kuvat 4 – 6. Tuoteideana rullattava tuoli – pumpattava sänky (Mira Kautto 2013)

Akustiikkalevyn suunnittelu toteutettiin Muotoiluinstituutin opinnäytetyönä ja 3D-viulun tutkimusprojektia puutekniikan opinnäytetyönä. Turva-alustan nykyisen materiaalin korvaamista uudella materiaalilla, joka käsitti selvitys- ja tutkimusosan, toteutettiin muovitekniikan opinnäytetyönä. Ikkunan lyöntilaudan kiinnitykseen liittyvät selvitykset ja opinnäytetyö käynnistyivät yrityksen toimeksiannosta vuodenvaihteessa 2013–2014. Samoihin aikoihin käynnistyi toisen yrityksen toimeksiannosta oven karmiliitoksen kehittämiseen liittyvä selvitys ja opinnäytetyö.

Lisäksi projektihenkilöstön toimesta on tutkittu ja kehitelty tutkimushankkeisiin sekä uusiin tuotesovelluksiin ja palveluihin liittyviä aiheita ja työkaluja. RT-kortti huonekalutestaukseen -projektissa selvitettiin keväällä 2013 RT-kortin kustannukset. Ne olivat kohtuullisen suuret saatavaan hyötyyn nähden, joten asiaa ei viedä eteenpäin osahankkeessa. Solidiwood-palkkirakenteen kehitysprojektin tavoitteena oli saada aikaan muutamissa tunneissa luja palkkirakenne tuoreesta massiivipuusta puusepänkuivaksi. Projektissa on saatu alustavasti hyviä tuloksia kuivauksen ja palkin rakenteen osalta. Työkalu ekstruusiohitsauslaitteeseen -projektissa tehtiin tuo-

lin jalkojen kulmaliitosmalli, jossa käytettiin eri muovimateriaaleja ja komposiitteja. Uusi materiaalien sekoituslaite komposiittimateriaalien sekoitukseen -projekti käynnistyi keväällä 2014. Suunnitelmat ovat valmiina, ja itse laitteen valmistus on käynnistynyt. Tuolin lamelliliitoksen vahvistamista muovilla -projektin ratkaisuvaihtoehtoja ja testauksia selvitettiin yhteistyössä yritysten kanssa kevään 2014 aikana. Projektin tavoitteena on saada aikaan uusi korjausmenetelmä tuolin jalkaliitoksen tuentaan. Sylomeerien ja Sylodyynien korvaus -projektissa tavoitteena oli luoda halvemmat materiaalit rakennusteollisuuden ääni- ja värinäeristykseen. Tällä hetkellä yritykset neuvottelevat keskenään jatkotoimenpiteistä.

Ruiskuvalutuoteperheen tutkimustuloksia

Ruiskuvalutuoteperheessä tutkittiin ja kehitettiin näytekokonaisuutta, jossa puukappaleisiin tehtiin erilaisia koneistuksia eli työstöjä. Puukappaleisiin käytettiin yleisten kiinnitysmekanismien sijaan muoveja. Testattuja muoveja joustavasta jäykkään olivat geolast, polypropeeni ja lasikuitulujitettu polypropeeni. Puukappaleet valmistettiin eri puulajeista sekä eri lämpökäsittelyn lämpökäynneistä puista. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää materiaalien toimivuutta yhdessä ja katsoa, kuinka hyvin kovan paineen muovin ekstruusio sopii puukappaleilla. Tutkimuksia tehtiin eripituisilla liitoksilla ja erilaisilla levymateriaaleilla.

Jokainen kappalekoko vaati oman protomuottinsa suurien paineiden takia. Muotin jälkeen muovin pursotukseen haettiin sopivat parametrit, joilla pyrittiin estämään puun halkeilu ja liian vähäinen muovin määrä liitoskohdissa. Näytteiden mekaanisia ominaisuuksia ei tutkittu, sillä päätavoitteena oli testausten avulla todentaa liitoksen toimivuus ja muovin käyttäytyminen liitosrakenneissa niin, että liitos ylipäänsä toimi.

Tulosten perusteella voidaan sanoa, että oikeilla parametreilla ja puun työstöillä liitoksesta saadaan toimiva. Jatkossa tulisi löytää sopivia kohteita, joihin kyseisiä tutkimustuloksia voidaan soveltaa. On kuitenkin otettava huomioon, että muovien ei ole tarkoitus korvata metalleja ja muita kiinnikkeitä mekaanisessa kestävyudessa, vaan tärkeämpää olisi hyödyntää muovien luontaisia erikoisominaisuuksia, kuten kimmoelastista käyttäytymistä mahdollisissa sovelluskohteissa. Tällöin liitoskohtaan saataisiin myös metallista ja liimasta poikkeavia ominaisuuksia. Ruiskuvalunäytteistä löytyy kuvia osahankkeen nettisivuilta www.lamk.fi/puuri. (Lahden ammattikorkeakoulu 2014.)

Elastinen sauma puukappaleessa

Elastinen sauma puukappaleessa -tutkimushankkeessa tutkittiin ja kehitettiin joustavaa liitosta kahden puukappaleen väliin. Tutkimuksia tehtiin sekä ohuille että paksuille kappaleille ja kapeille sekä leveille liitoksille. Muoveina käytettiin Geolastia sekä Sikaflexia eli yksikomponenttista sään ja ikääntymisen kestävää polyuretaani- ja tiivistemassaa. Sikaflex voidaan hyvin elastisena materiaalina pursottaa liitoskohtaan ilman protomuotteja. Geolast vaatii puukappaleen ympärille protomuotin ja pursotukseen kovemman paineen, koska geolast on huomattavasti jäykempi kuin polyuretaani. Samaan kappaleeseen voidaan tehdä useampia liitoksia, jolloin saadaan aikaan isoja ja kaarevia levyypintoja. Kuvassa 7 on esitetty esimerkki elastisesta saumasta puukappaleessa. (Lahden ammattikorkeakoulu 2014.)



Kuva 7. Elastinen sauma puukappaleessa (Tarja Palvi 2012)

Thermoplasterin (Plastisaattorin) esittely

Osahankkeen yhtenä tutkimus- ja kehittämiskohteena oli Thermoplaster-laite (kuva 8). Thermoplaster on kuumamuovattavien eli termoplastisten muovien pursotukseen kehitetty liikuteltava laitteisto. Laitteen tarkoituksena on helpottaa puumuovituotteiden valmistusta sekä sovellusten asennusta. Laitteen karkea prototyyppi on valmistettu Lahden ammattikorkeakoulun muovi- ja mekatroniikan laboratoriossa. Muotoilukonseptit edustavat laitteen mahdollisia lopullisia muotoiluja eli asiakkaille tulevia malleja. Ne ovat Lahden ammattikorkeakoulun Muotoiluinstituutin teollisen muotoilun opiskelijoiden laatimia. Mallit ovat keskikokoisen pölynimurin kokoisia. Perusmalli sisältää suuttimen, granulaattisäiliön, erikoisletkun, moottorin sekä pyörät.



Kuva 8. Thermoplasterin perusmalli irrotettavalla letkulla (Timo Jokivuori 2013)



Kuva 9. Thermoplasterin laatikkomalli (Maria Helander 2013)



Kuva 10. Thermoplasterin selkäreppumalli (Siiri Sarkola 2013)

Erikoismallit, kuten laatikko- ja selkäreppumalli (kuvat 9 ja 10), sopivat pienimpiin ja ahtaimpiin kohteisiin. Laitteen letkuosa sisältää erityistekniikkaa, joka eroaa muista markkinoilla olevista laitteista. Nykyisin muovipursotuslaitteissa kyseinen tekniikka on massiivista ja painavaa, kuten ekstruusiohitsauslaitteessa. Se sisältää ison lämpiävän ruuvin, jonka ansiosta muovi liikkuu paineella kohteeseen eli yleensä muottiin. Muovisaumauslaitteessa muovi työntyy kohteeseen ilman suurempaa painetta. Thermoplasterin erityistekniikka piilee kiertyvässä ruuvissa ja sen ympärille kasatussa lämmitystekniikassa.

Thermoplaster on yhdistelmä ekstruusiohitsauslaitteen ja muovinsaumauslaitteen hyviä puolia. Se on liikuteltava (yhden henkilön käsiteltävissä), paineellinen ja helposti täytettävä. Laite sopii sekä tehdaskäyttöön tuotantolinjastolle että ”kenttätyöskentelyyn” asennuskäytössä. Laitteen muoto vaihtelee, koska erilaiset käyttökohteet vaativat erilaisia ominaisuuksia. Laitteen toimintaperiaate on kuitenkin aina sama.

Thermoplaster ei yksinään takaa onnistunutta lopputulosta, vaan toinen tekijä on muotti, joka vaikuttaa oleellisesti lopputulokseen. Suurten paineiden takia muovi pyrkii aina leviämään mahdollisimman laajalle alueelle, joten protomuotteja tarvitaan lähestulkoon aina kontrolloimaan valmistusta. (Lahden ammattikorkeakoulu 2014.)

Tiedottamista, viestintää ja yhteistyötä osahanketoteuttajien ja muiden tahojen kanssa

Marraskuussa 2012 Lahden ammattikorkeakoulun osahanke osallistui omalla ständillään Lahden Messukeskuksessa järjestetyille Puuntyöstö Woodworking 2012 -messuille, jossa esiteltiin syksyn 2012 aikana valmistettuja demotuotteita. Hanke sai messujen ja mediatiedotteen johdosta hyvin näkyvyyttä ja julkisuutta radiossa ja lehdissä, muun muassa Radio Voimassa, Maaseudun Tulevaisuudessa sekä Etelä-Suomen Sanomissa. Vuonna 2013 messujen ja tiedotteen tuoma näkyvyys poiki hyvin yhteistyömahdollisuuksia yritysten ja muiden tahojen kanssa. (Lahden ammattikorkeakoulu 2014.)

Vuonna 2013 osahankkeen projekti-insinööri osallistui lukuisiin yhteistyökumppaneiden järjestämiin kansallisiin tapahtumiin, muun muassa Kouvola Wood Academyn ja Kouvola Innovation Oy:n järjestämiin workshoppeihin, seminaariin Mikkelissä ja Kuopion yliopiston ja korkeakoulujen tutustumistilaisuuteen, joissa hän kertoi osahankkeesta. Syksyllä 2013 osahanketta esiteltiin Lahti Science Dayssä ja Huonekaluteollisuus nousuun – nyt tai koskaan -asiantuntijaseminaarissa Lahden Sibeliusallossa. Lisäksi osahankkeen edustajia osallistui keväällä 2013 Puurikastamo (Puuri) -hankkeen järjestämälle Italian opinto- ja messumatkalle. Kesällä 2013 Belgian huonekalualan markkinaselvitysmatkalla projekti-insinööri esitteli osahankkeen mahdollisuuksia, tapasi paikallisia suunnittelijoita ja etsi uusia potentiaalisia yhteistyökumppaneita osahankkeelle.

Lahden ammattikorkeakoulu on tarjonnut yritysten ja muiden osahankepartnerien käyttöön mahdollisuutta testauttaa ja tutkia testauslaboratoriossaan hankkeen aikana syntyviä innovaatioita. Testauspalveluja esiteltiin osahanketoteuttajille hankeryhmän kokouksessa tammikuussa 2013. Myös kesäkuussa 2013 T&K-poolin tapaamisessa esiteltiin Lahden ammattikorkeakoulun kaluste- ja huonekalualan testausmahdollisuuksia ja muita T&K-yhteistyömahdollisuuksia. Osahankkeen tutkimushankkeisiin liittyneille (pk-) yrityksille on myös tiedotettu testausmahdollisuudesta ja sen merkityksestä.

Lahden ammattikorkeakoulun osahanke on osallistunut aktiivisesti Työtehoseura ry:n Ekologinen keittiö -osahankkeen workshop-työskentelyyn. Keväällä 2014 Lahden ammattikorkeakoulu testasi akkreditoitussa testauslaboratoriossaan Työtehoseuran Ekologiseen keittiöön kuuluvia, Lappeenrannan teknillisen yliopiston kehittämiä nanopinnoitteisia kulutuspinnojen materiaaleja. Kouvola Innovation Oy:n osahankkeen kanssa Lahden ammattikorkeakoulun osahanke on tehnyt yhteistyötä uusien innovatiivisten tuotteiden ja tuotesovellusten tiimoilla. Yhteistyötä on tehty esimerkiksi puun puristusmuovaukseen ja puupohjaisen akustiikkapaneelin kehittämiseksi ja kaupallistamiseksi. Lisäksi yhteistyötä on tehty uppopuumateriaalin testaamiseksi. Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy:n osahankkeen kanssa yhteistyötä on tehty muun muassa T&K-poolin tapaamisiin ja immateriaalioikeuksien kehittämiseen ja hallintaan liittyvillä osa-alueilla.

Yhteenveto Puurikastamo (Puuri) -hankkeesta ja sen vaikutuksista

Puurikastamo (Puuri) -hanke vastasi puun jatkojalostuksen toimintaympäristön muutoksiin Etelä-Suomen EAKR-alueella. Muutos oli haaste, joka hankkeessa nähtiin samalla toimialan mahdollisuutena. Osatoteutuksissa kehitettiin uusia lisäarvoa tuottavia malleja, työkaluja, toimintatapoja ja verkostoja. Näillä erottautumista tukevilla lisäarvotekijöillä nähtiin olevan pitkäaikaisia vaikutuksia erityisesti kasvuun tähtääville pk-yrityksille. Hankkeessa oli mukana osatoteutukset neljästä merkittävästä puuta jalostavasta maakunnasta: Päijät-Häme, Kymenlaakso, Etelä-Karjala ja Uusimaa. (Puurikastamo (Puuri) -projektipäätös 2012.)

Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy:n osatoteutuksessa IPR -Innovatiiviset puujalosteiden rikkastustyökalut, kehitettiin liiketoimintamalleja, Intellectual Property Rights -oikeuksia ja -hallintaa sekä luotiin Etelä-Suomen alueelle puualan T&K-pooli. Kouvola Innovation Oy:n Työtä ja vientituotteita puusta (TYVIPUU) -osahanke kehitti puujalostealan tunnettuutta, etsi innovatiivisille puujalosteille uusia käyttökohteita, selvitti digitaalisten sisältöpalvelujen yhdistämistä tuotteisiin sekä kehitti kansainvälistymis- ja verkostoitumismahdollisuuksia. Lappeenrannan teknillisen yliopiston NANOKOMPO: Nanoseosteisten puukuitukomposiittimateriaalien hyö-

dyntäminen puutuoteteollisuuden sovelluskohteissa -osatoteutus oli tutkimushanke, joka kehitti nanoteknologiaa hyödyntäviä ratkaisuja. Työtehoseuran TTS Ekologinen keittiö -osahankkeen tavoitteena oli kehittää ja tuotteistaa kokopuisen keittiön kokonaisratkaisu ja luoda tuotteella suunnitteluohjeet. Markkinoilla ei ollut kokopuista keittiöitä, joissa toimivuus olisi mallistosuunnittelun lähtökohtana. Kuluttajan on vaikea tehdä ekologisia valintoja niin kauan kuin niitä ei ole tarjolla. Kotimaisen kokopuisen keittiön kehittämisen vaati tutkimusta, suunnittelua ja tuotekehitystä, jotta siitä saatiin kilpailukykyinen tuote perinteisten levykalusteiden rinnalle. Lahden ammattikorkeakoulun PUM - Monialaiset rakenteet puutuotteiden valmistamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen -osahanke kehitti ja testasi uusia tuotteita ja tuoterakenteita. Kehitysmalliksi oli valittu eri aloihin liittyvän teknologian yhdistäminen, jonka avulla puutuotteille oli mahdollista saada uusia ominaisuuksia ja sovellusmahdollisuuksia. Lahden ammattikorkeakoululla on Suomen ainoa akkreditoitu huonekalu- ja kalustealan laboratorio, jonka toimintaa hankkeessa myös kehitettiin. (Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy 2014.)

Hankkeen yhteisenä merkittävänä ja pysyvänä tuloksena syntyi T&K-pooli Etelä-Suomen EAKR-alueelle. Hankkeen aikana luotiin verkosto ja toimintamalli, joka kokoaa alueella yritykset, ammattikorkeakoulut, yliopistot ja muut tutkimustahot samaan foorumiin. T&K-poolilla luotiin myös kansainvälisiä yhteyksiä. T&K-poolin avulla pystytään helpottamaan ja mahdollistamaan innovaatioiden esiinnousu, kohdentamaan resursseja, tukemaan valintoja ja mahdollistamaan eri toimijoiden erottautuminen ja profilointi. Puutuotteisiin liittyvän kysynnän ja tarjonnan kasvu mahdollistaa uusien pk-yritysten syntymisen. IPR-oikeuksiin liittyvä tietämys suojaa yritysten T&K-panostuksia ja vaikuttaa kilpailukykyisen puutuotteisiin liittyvän liiketoiminnan kasvuun. Uudet tuotteet, kuten Ekologinen keittiö, suuntaavat tuotteita arvokuluttamiseen liittyvään segmenttiin ja muuttavat markkinoita. Nanoteknologiasta on tutkimuksen kautta mahdollista löytää uusia merkittäviä innovaatioita. Rakennemuutos on samalla mahdollisuus, ja Kouvolassa osatoteutuksella suunnataan ja vahvistetaan toimenpiteitä verkottamalla mukaan muiden alueiden näkemyksiä. Tuotetestauksella on mahdollista löytää aivan uuden tyyppistä palveluliiketoimintaa. (Puurikastamo (Puuri) -projektipäätös 2012.)

Katset luottavaisena tulevaisuuteen

Talouden lamasta ja jatkuvista yt-neuvotteluista huolimatta voidaan katset suunnata luottavaisena tulevaisuuteen. Pientä talouden elpymistä on jo näköpiirissä, ja toivottavasti vientimarkkinatkin alkavat pikkuhiljaa elpymään. Myös huonekalualan sähköiseen kauppaan tullaan mitä todennäköisimmin lähiaikoina panostamaan entistä enemmän. Puun energiakäytön ohella puurakentamisessa on jo näkyvissä jonkin verran kasvun merkkejä. Useita puukerrostaloja ja julkisia rakennuksia on nousemassa ympäri Suomea. Huonekalualan tuotteistamista ja panostusta innovaatiotoimintaan on pidetty keskimäärin heikkona. Huonekaluteollisuuden on myös parannettava tuotantoteknologioiden ja -prosessien tehokkuutta niin, että kilpailukykyinen tuotanto Suomessa säilyy tulevaisuudessakin (TEM Toimialapalvelu 2013a). Ilahduttavaa on ollut huomata, että rakentamiseen kiinteästi liittyvät ikkuna- ja oviteollisuus sekä huonekalu- ja sisustusala ovat olleet kiinnostuneita kehittämään toimintaansa uusilla teknologisilla ratkaisuilla ja uusilla tuotesovelluksilla. Osahankkeessa on tutkittu ja kehitetty esimerkiksi sisäverhoilutuotteita ja levyrakenteita huonekalu- ja sisustusosalalle.

Tuotelähtöisistä ratkaisuista ollaan tulevaisuudessa yhä enemmän siirtymässä kohti kokonaisratkaisuja, jolloin itse tuotteen lisäksi erilaisia palveluja sisältyy toimitettavaan palvelupakettiin niin huonekalu- ja sisustusalalla kuin rakentamisessakin. Huonekalualan toimialaraportin julkistamistilaisuudessa syksyllä 2013 peräänkuulutettiin erityisesti tahtotilaa ja yhteistyötä toimijoiden kesken niin tuotannon eri vaiheissa kuin logistiikassakin. Myös nuoret on saatava kiinnostumaan alasta ja perinteiset toimintatavat tulee kyseenalaistaa. Huonekalualan haasteina mainittiin muun muassa se, että kuluttajien käyttäytyminen ja odotukset ovat ajan kuluessa muuttuneet. Alalle kaivataan luotettavaa ja myös syvällistä tietoa niin tuotteiden laadusta, eroista kuin hyödyistäkin. (TEM Toimialapalvelu 2013b.)

Älykkäille innovatiivisille tuotteille ja tuoterakenteille on tulevaisuudessa varmasti käyttöä. Osahankkeen puumuovi -ideagenerointiprojektissa löydettiin lukuisia uusia innovatiivisia tuotemahdollisuuksia lattialaudoituksista, kuormalavoista ja valaisimista mitä erilaisimpiin tuotesovelluksiin. Myös puun, muovin ja muiden materiaalien yhteiskäyttömahdollisuuksia tutkittiin, ja niihin kehitettiin työskentelyä helpottavia työkaluja hankeaikana. Erityisen ilahduttavana voidaan pitää muotoilijoiden mukaantuloa ja innostusta olla mukana ideoimassa ja kehittämässä uudenlaisia sovelluksia puun eri käyttökohteisiin. Useimmat osahankkeessa käynnistyneet tutkimushankkeet edellyttävät jatkotutkimuksia tai muita jatkotoimenpiteitä, mutta tästä on hyvä jatkaa eteenpäin. Tutkittavia asioita eri osa-alueilla on runsaasti, eikä työkään niissä tunnu loppuvan. Osaamista ja koulutusta tahtotilan ja yhteistyön ohella tarvitaan yhä enemmän myös tulevaisuudessa.

Lähteet

- Lahden ammattikorkeakoulu. 2014. Puurikastamo (Puuri) [viitattu 24.2.2014].
Saatavissa: <http://www.lamk.fi/puuri>
- Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy. 2014. Puurikastamo Puuri -hanke [viitattu 24.2.2014].
Saatavissa: <http://www.puurikastamo.fi>
- Puurikastamo (Puuri) -projektipäätös. 2012. Puurikastamo (Puuri) -hankkeen rahoituspäätös 13.4.2012.
- TEM Toimialapalvelu. 2013a. Toimialaraportti 2013. Huonekalujen valmistus [viitattu 26.2.2014]. Saatavissa: http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/1893/Huonekalujen_valmistus_2013.pdf
- TEM Toimialapalvelu. 2013b. Huonekaluteollisuuden toimialaraportin julkistamistilaisuus 13.11.2013 Lahti [viitattu 26.2.2014]. Saatavissa: http://www.temtoimialapalvelu.fi/etusivu/toimialapalvelu/seminaarien_ja_tilaisuuksien_aineisto

Kirsti Cura & Ilkka Tarvainen

CLEANTECH PUUTUOTETEOLLISUUDESSA

Tiivistelmä

Puutuoteteollisuudella on edelleen vahva jalansija Lahden seudun elinkeinoelämässä, vaikka sen osuus on viime vuosina pienentynyt. Cleantech eli puhtaat teknologiat on puolestaan ollut Lahden seudun kärkiteemoja pohjautuen alueen yritysten ja muiden sidosryhmien ympäristöliiketoimintaan ja sen kehittämiseen. Lahden ammattikorkeakoulun tekniikan ala on valinnut cleantechin fokusalueekseen, ja myös puutekniikan koulutusohjelma on mukana tässä prosessissa.

Cleantech puutuoteteollisuudessa -artikkelissa määritellään, mitä cleantech tarkoittaa puutuoteteollisuuden näkökulmasta, sekä luodaan katsaus eurooppalaisen ja suomalaisen puutuoteteollisuuden koosta ja merkityksestä kansantaloudelle. Lopuksi kerrotaan, mitä cleantech fokusalueena käytännössä tarkoittaa Lahden ammattikorkeakoulun puutekniikan opetuksessa sekä tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnassa.

Johdanto

Suomen metsäklusteri on suuri työnantaja Suomessa, ja se työllistää noin 200 000 henkilöä. Puutuoteteollisuus on osa metsäklusteria ja siihen kuuluvat myös kemiallinen metsäteollisuus, metsätalous, kone- ja laiteomittajat, kemikaalien valmistajat sekä energiaa tuottavat yritykset, graafinen teollisuus, pakkausteollisuus sekä alan konsultit, tutkimuslaitokset, korkeakoulut ja logistiikkayritykset.

Sahateollisuus on todella merkittävä teollisuudenala Euroopassa. Koko sahatuotannon arvo on vuosittain noin 27 miljardia euroa, ja se työllistää Euroopassa suoraan noin 300 000 henkilöä. Euroopan kuitulevyjen tuotanto oli 18 milj. m³, lastulevyjen tuotanto 47 milj. m³ ja vanerin tuotanto 7 milj. m³ vuonna 2011. (Metsäalan ammattilehti 2013.)

Suomessa työskentelee puutuoteteollisuudessa noin 24 000 henkilöä. Saha- ja levyteollisuus ovat näistä suurimpia aloja. Alan työllisyyteen vaikuttaa pääosin rakennustoiminnan tilanne sekä kotimaassa että Euroopassa, jonne vienti pitkälti suuntautuu.

Cleantech eli puhtaat teknologiat tarkoittavat kaikkia tuotteita, palveluita, prosesseja ja järjestelmiä, joiden käytöstä on vähemmän haittaa ympäristölle kuin niiden vaihtoehtoista. Puhtaat teknologiat tuovat käyttäjälle lisäarvoa ja samalla vähentävät haitallisia ympäristövaikutuksia joko suoraan tai arvoketjun kautta. Suomessa cleantechiä pidetään kilpailutekijänä, ei toimialana. (Tilastokeskus 2014.)

Lahden ammattikorkeakoulussa toteutettiin Cleantech-insinöörit -projekti v. 2010–2013. Projektissa kehitettiin tekniikan alalle uusi koulutuksen toimintamalli, joka luo edellytyksiä cleantech-innovaatioiden syntymiselle sekä uusille tuotteille ja palveluille. Uuden toimintamallin kehittäminen tekniikan alan koulutuksessa on tehty yhteistyössä sekä paikallisten yritysten että muiden sidosryhmien kanssa. Pedagogisesti toimintamalli perustuu CDIO/PBL -viitekehykseen

(CDIO: Conceive – Design – Implement – Operate eli määritellä – suunnitella – toteuttaa – ylläpitää ja PBL: Problem Based Learning eli ongelmalähtöinen oppiminen), jotka täydentävät perinteisiä insinööritietojen ja -taitojen opetus- ja oppimismetodeja.

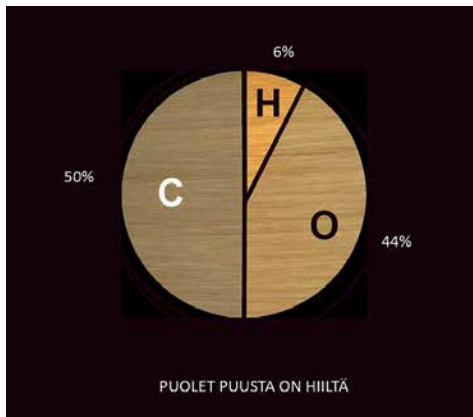
Projektin aikana tehtiin insinöörikoulutuksen osaamistarpeiden tunnistamiskartoitus kaikilla tekniikan alan koulutusaloilla. Yhteisiä teemoja olivat energian kulutus ja energia- ja materiaalitehokkuus, logistiikka, elinkaaritarkastelut ja suljetun kierron periaate. Projektissa järjestettiin mm. Materiaalitehokkuudella parempaa tulosta rakennusteollisuudessa -seminaari syksyllä 2012, missä yhdeksän eri rakennusalan yrityksen edustajaa esittivät näkemyksiään. Seminaarin teemoja olivat rakentamisen materiaalitehokkuus ja uudet materiaalit, materiaalitehokkuuden merkitys rakennusteollisuudessa ja materiaalitehokkuuden hyödyt ja työkalut sekä materiaalien uusiokäyttö.

Puutekniikassa on tehty cleantech-aiheisia opiskelijaprojekteja ja opinnäytetöitä puutuoteteollisuuden prosessien kehittämisen, puujätteen ja hukan määrän optimoinnin sekä ympäristöystävällisen tuotannon aiheista jo useamman vuoden ajan. Lahden ammattikorkeakoulun tekniikan alan päätös integroida cleantech-ajattelu ja TKI-toiminta (tutkimus-, kehitys ja innovaatiotoiminta) opintosuunnitelmaan entistä kiinteämmin koskee myös puutekniikan opiskelijoita ja henkilökuntaa. Implementointi on aloitettu ja esimerkiksi vuoden 2015 opetussuunnitelmassa on mukana entistä enemmän projektitoimintaa ja cleantech-aiheisia opintojaksoja sekä uusi 15 opintopisteen Ympäristötehokkuus-moduuli. Lisäksi ulkoisen rahoituksen hankkimista tehostetaan ja opiskelijat tulevat olemaan keskeisessä roolissa uusien TKI-hankkeiden toteutuksessa.

Puun ekologisuus

Puu itsessään on ekologinen materiaali, joten cleantech-teema istuu hyvin puutuoteteollisuuden toimintaan. Ilmastonmuutoksen torjunnassa kasvihuonekaasupäästöjen, erityisesti hiilidioksidin (CO₂), vähentäminen on merkittävässä roolissa, mutta myös hiilinielulla ja -varastoilla on tärkeä osa kokonaisuudessa. Hiilidioksidivarastojen kasvu vähentää ilmakehän hiilidioksidipitoisuuksia, mikä puolestaan vähentää ilmaston lämpenemistä. Suomen metsien hiilivaranto kasvaa päivässä saman verran kuin rakennuspuuteollisuus käyttää puuraaka-ainetta vuodessa. Puun käyttöä esimerkiksi rakennusmateriaalina voitaisiin siten lisätä huomattavasti ilman pelkoa negatiivisista ekologisista vaikutuksista.

Puutuotteiden on määritelty toimivan enemmänkin hiilivarastona (kuva 1) kuin hiilinieluna, joskin edelleen joissakin yhteyksissä Suomen metsien sanotaan toimivan valtavana hiilinieluna. Hiili varastoituu puutuotteeseen koko sen elinkaaren (käyttö, uudelleenkäyttö, kierrätys) ajan (kuva 2). Hiili vapautuu puutuotteista vasta silloin, kun puutuote käytetään joko energian tuotannossa tai se lahoaa. Koska puutuotteiden massasta 50 % on hiiltä, niiden merkitys ilmastonmuutoksen torjunnassa on huomattava. Usein puutuotetta kierrätetään, jolloin tuotteen käyttöikä kasvaa ja hiilivarastona toimimisaika pitenee.



Kuva 1. Puu hiilivarastona (Matti Kuittinen, esitys 23.10.2012)

Toinen tapa vähentää maapallon hiilidioksidipäästöjä puutuotteiden avulla on käyttää puuta muiden, enemmän ympäristöä kuormittavien, materiaalien sijasta. Eräässä eurooppalaisessa projektissa todettiin, että yhden puukuutiometrin tuottamisella saadaan vähennettyä keskimäärin 1,1 tonnia CO₂-päästöjä verrattuna teräs-, betoni- tai muovitonin valmistamiseen. Kun tiedetään, että jokainen puukuutio varastoi 0,9 tonnia hiilidioksidia, niin jokainen käytetty puukuutiometri vähentää CO₂:n määrää noin kahdella tonnilla. (Puuinfo 2013b.)

Puu on uusiutuva rakennusmateriaali. Puulla voitaisiin korvata uusiutumattomia rakennusmateriaaleja paljon nykyistä enemmän ja sitä kautta kohdentaa uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö arvokkaampiin ja taloudellisesti kannattavampiin kohteisiin. Puutuotteiden valmistuksen aiheuttamien ympäristöhaittojen ja energiankulutuksen on arvioitu olevan hyvin pientä verrattuna esim. tiilen, betonin ja teräksen valmistukseen. (Puuinfo 2013a.)



Kuva 2. Puutuotteen hiilijalanjälki muodostuu koko elinkaaren päästöjen summana (Matti Kuittinen, esitys 23.10.2012)

Cleantech puutuoteteollisuuden eri aloilla

Puutuotteiden ja -rakenteiden valmistus kuluttaa huomattavasti vähemmän energiaa verrattuna muista materiaaleista valmistettuihin tuotteisiin ja rakenteisiin, kun asiaa tarkastellaan koko elinkaaren matkalta. Suuri osa energiasta saadaan tuotannossa syntyvistä sivutuotteista (hake, sahanpuru ja puun kuori), ja joskus valmistuksessa saattaa syntyä jopa enemmän energiaa kuin mitä tuotannossa kuluu. Tämä on tyypillistä esim. vaneriteollisuudessa.

Puutuoteteollisuudessa cleantech-ajattelu voidaan liittää ainakin seuraaviin teemoihin (Helle 2014):

- energia- ja materiaalitehokkuus
- hiilijalanjälkilaskenta
- puuraaka-aineeseen kohdistuvat kemikaalit
- biokomposiitit ja yhdistelmäateriaalit
- sisäilma- ja terveysvaikutukset

Mekaanisen metsäteollisuuden aloja ovat:

- sahateollisuus
- kuitu- ja lastulevyteollisuus
- vaneriteollisuus
- huonekaluteollisuus
- insinööripuuteollisuus (liimapuu, viilupuu)
- puusepänteollisuus
- puutaloteollisuus
- rakennuspuuteollisuus

Sahateollisuus

Suomessa sahateollisuus on metsäteollisuuden vanhin toimiala ja ensimmäisiä vientiteollisuuden alojamme. Suomi on tällä hetkellä Euroopan kolmanneksi suurin sahatavaran tuottaja ja noin 60 % sen tuotannosta menee vientiin. Vanerin tuotanto Suomessa vuonna 2013 oli 1,1 milj. m³, kuitulevyn 40 000 m³ ja lastulevyn 100 000 m³. (Metsäteollisuus ry 2014.)

Sahateollisuus ja kestävä kehitys

Kestävä kehitys sahateollisuudessa voidaan jaotella seuraavasti:

Ekologisella kestävyydellä tarkoitetaan ihmiskunnan toiminnan sopeuttamista luonnon kestävykyyn. Sahateollisuus tuottaa perusraaka-aineen puutuoteteollisuudelle. Suomen sahateollisuudessa käytettävä energia on peräisin uusiutuvista lähteistä ja sahausprosessissa syntyy enemmän energiaa kuin sitä kulutetaan. Tuotteen elinkaaren lopussa sahatavaran sivutuotteet voidaan hyödyntää energiaksi.

Taloudellisella kestävyydellä tarkoitetaan hallittua kasvua, joka ei perustu velkaantumiseen tai varantojen hävittämiseen. Koska Suomen metsävarat ovat Suomen merkittävien luonnonvara ja sahatavara olivat vuonna 2011 maamme kuudenneksi tärkein vientituote (kuva 3), Suomen metsillä on taloudellista arvoa vain, jos niitä pystytään jalostamaan. Suomen metsät lahoaisivat, jos sahateollisuutta ei olisi ja metsien arvo vähenisi merkittävästi nykyisestä 50 miljardista eurosta. Metsistämme saatavat tulot tuovat hyvinvointia koko maahan. Vastuullisesti ja kestävästi huolehdittu metsä tuottaa omistajalleen tasaisen tulovirran ja mahdollistaa metsäteollisuuden raaka-ainevirran säilyvyyden.

Sosiaalisella ja kulttuurien kestävyydellä tarkoitetaan hyvinvoinnin siirtymistä seuraaville sukupolvillemme. Puu on tärkeä osa suomalaista rakennus-, kulttuuri- ja talousperintöä. Suomen hyvinvoinnin voidaan sanoa rakentuneen edistyksellisen metsätalouden ja -teollisuuden tuotteiden viennin varaan. (Suomen Sahat ry 2014.)



Kuva 3. Suomalaista sahatavaraa valmiina vientiin (Yle Turku. Uutiset 25.6.2012)

Kuitu- ja lastulevyteollisuus

Suomen kuitu- ja lastulevyteollisuuden kulta-ajat sijoittuvat 1970–80-luvuille. Jo pelkästään lastulevylinjoja oli tuolloin vajaat 20 eri tehtailla. Suomen ainoa toiminnassa oleva kuitulevytehdas sijaitsee Suomen Kuitulevy Oy:llä Heinolassa, ja maan ainoa lastulevytehdas on Koskisen Oy:llä Järvelässä. Näillä molemmilla tuotantoaloilla tuotantoteknologiaa ja tuotantoprosessien kehitystä materiaali- ja energiatehokkuuden parantamiseksi on pystytty jatkuvasti parantamaan.

Vaneriteollisuus

Suomen vaneriteollisuus on edelleenkin vahva, ja sen osaamiseen ja kilpailukykyyn on satsattu viime vuosina paljon. Vaikka pienempiä tehdasyksiköitä on ajettu alas, niin koko Suomen vaneriteollisuuden kapasiteetti on pysynyt suurin piirtein samana eli n. 1 milj. m³ vuodessa. Suomi on edelleen Euroopan johtava vanerintuottaja.

Vaneriteollisuudessa on pyritty viime vuosina voimakkaasti satsamaan uusiin tuotantoteknologiaihin ja -prosesseihin, jotka parantavat tuotannon läpimenoaikoja sekä sen tehokkuutta. Nykyajan vaneritehtaissa on investoitu paljon konenäköön, jolla on pystytty kehittämään viulun ja valmiin vanerituotteen lajittelua sekä parantamaan laatua.

Vaneriteollisuudessa toteutuvat kaikki cleantechin alalajit eli tuotteiden, palveluiden, prosessien ja järjestelmien kehittäminen. Puhtaat teknologiat ovat tuoneet lisäarvoa vaneriteollisuudelle ja samalla vähentäneet haitallisia ympäristövaikutuksia. Tulokset ovat vähitellen ruvenneet näkyämään alan parempana kannattavuutena.

Huonekaluteollisuus

Suomen huonekaluteollisuuden yritykset ovat lähes kaikki perheyriityksiä ja suomalaisessa omistuksessa (kuva 4). Huonekaluala on hyvin pienyritysvaltainen. Alan bruttoarvosta yli 50 % syntyy vain kymmenen yrityksen toimesta. Huonekaluteollisuuden päämarkkinat ovat kotimaassa. Huonekalujen valmistuksen liikevaihto oli vuonna 2012 n. 1,1 mrd. euroa, josta pelkkien huonekalujen osuus on n. 800 milj. euroa.

Sähköisen kaupan kehittäminen on huonekalujen valmistajille ja huonekalukaupalle tärkeä kehittämiskohde. Suomen huonekalutuotannosta ulkomaille viedään vain n. 10 %.

Huonekalualan tuotteistaminen ja panostus innovaatiotoimintaan on ollut keskimäärin heikkoa. Tuotantoteknologioiden ja -prosessien tehokkuutta huonekaluteollisuudessa on parannettava, jotta kilpailukykyinen tuotanto Suomessa voidaan säilyttää. Myös riittävän hyvät ja toimivat tuotannonohjausjärjestelmät tulisi ottaa käyttöön. (TEM Toimialapalvelu 2013.)



Kuva 4. Iskun kokopuukeittiö (Isku Oy 2014)

Puurakentaminen

Suomen valtio haluaa lisätä puurakentamista, koska se on erityisesti ympäristön sekä aluetalouden ja työllisyyden kannalta kestävä ratkaisu. Puurakentaminen ja puutuotteet ovat keskeinen osa Suomen kehittyvää biotaloutta. Uusia puukerrostaloja on vireillä eri puolilla Suomea yli 6 000 asunnon verran. Lähiaikoina on rakennettu tai aloitettu useita merkittäviä puurakentamisen kohteita. Nyt kun teollinen puukerrostalorakentaminen on saatu kunnolla käyntiin, on selvä tarve tehostaa osaamista ja kehittää puurakentamisen prosesseja. (TEM Metsäalan strateginen ohjelma 2011–2015.)

Puurakentaminen lisää puun jalostusarvoa ja siitä voidaan myös tulevaisuudessa rakentaa Suomelle menestyvä vientituote. Puurakentamisessa käytetään paljon uusiutuvia materiaaleja uusiutumattomien sijaan ja näin rakentamisessa voidaan pienentää hiilijalanjälkeä oleellisesti (kuva 5). Puulla voidaan korvata energiaa sitovia materiaaleja kuten terästä, alumiinia ja betonia.

Maailmassa noin 40 % kaikista kasvihuonepäästöistä, energiankulutuksesta ja jätteistä syntyy rakennusmateriaalien valmistuksesta, rakentamisesta ja rakennusten elinkaaren aikaisesta käytöstä. Cleantechin hyödyntäminen puurakentamisen eri prosesseissa on siis elinehto tulevaisuudessa. Ympäristöystävälliset materiaalivalinnat vaikuttavat yleensä myös suotuisasti rakennusten energiatehokkuuteen. (Puuinfo 2014.)



Kuva 5. Vanha Porvoo ja puiset ranta-aitat ovat sitoneet hiiltä useita satoja vuosia (Matti Kuittinen, esitys 23.10.2012)

Cleantech-osaamisen kasvattamisen huomiointi Lahden ammattikorkeakoulun puutekniikan opetuksessa

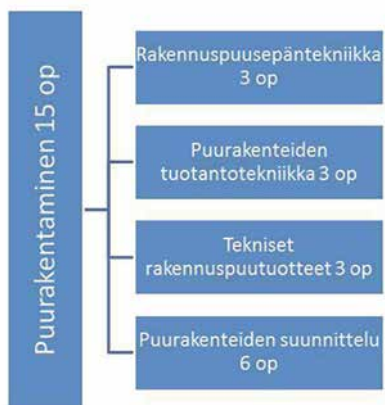
Lahden ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan opetus on sisältänyt perinteiseen cleantechiin liittyvää opetusta jo pitkään jäte- ja vesihuoltoon liittyvien opetuskokonaisuuksien kautta. Kun cleantech nykyään käsitetään paljon laajempuna kokonaisuutena, puutekniikan opetus on luonnollinen osa prosessi- ja materiaalitekniikan koulutusvastuun alaista cleantech-toimintaa.

Syksyllä 2014 aloitetaan materiaalitekniikan opiskelijoille valinnaisena opintoina tarjottava 15 opintopisteen Ympäristötehokkuus-opintomoduli (kuva 6). Kyseinen moduuli on suunniteltu ja toteutetaan yhdessä ympäristö- ja energiatekniikan ja liiketalouden opettajien kanssa. Materiaalitehokkuus, -kierrätys ja jätehuolto -opintojaksolla käsitellään suunnittelua, kestävyyttä, hukan vähentämistä ja materiaalivirtojen hallintaa. Yrityksen ympäristölainsäädäntö -opintojakso sisältää keskeisten ympäristölainsäädännön vaatimusten tuntemisen ja ympäristöriskien hallinnan. Ympäristöasiat yrityksen johtamisessa, viestinnässä ja markkinoinnissa -opintojaksolla käydään läpi keskeisimmät ympäristöjohtamisen, viestinnän ja markkinoinnin ohjeistot.



Kuva 6. Ympäristötehokkuus-moduuli (Kirsti Cura 2014)

Puurakentamiseen liittyen Lahden ammattikorkeakoulun puutekniikassa on valittavissa 15 opintopisteen Puurakentaminen-moduuli (kuva 7). Tavoitteena on tutustua puun käyttöön rakentamisessa. Opiskelija oppii suunnittelemaan ja mitoittamaan puurakenteita ja puuelementtejä. Moduulissa perehdytään lisäksi puusta jalostettuihin rakentamisen erikoistuotteisiin ja niiden mitoittamiseen.



Kuva 7. Puurakentaminen-moduuli (Kirsti Cura 2014)

Yhteenveto

Lahden ammattikorkeakoulun tekniikan alan eri koulutusvastuut ovat hyvässä vauhdissa toteuttamassa cleantech-teeman integrointia opetukseen. Tavoitteena on saada valmistumaan AMK-insinöörejä, joille cleantech-ajattelu on osa ammattitaitoa ja jotka osaavat ajatella työelämän toimintoja ja taitoja kokonaisvaltaisesti ympäristöä säästävien toimenpiteiden näkökulmasta. Tämä kehityskulku palvelee myös Lahden seudun puutuoteollisuutta, sillä puutekniikan koulutusala on aktiivisesti mukana cleantechin kehitys- ja implementointityössä.

Lähteet

- Helle, T. 2014. Puutuotealan tutkimuksen painopisteet. Finnish Wood Research Oy [viitattu 24.2.2014]. Saatavissa: <http://www.puupaiva.com/sites/default/files/slides/Puutuotealan%20tutkimuksen%20painopisteet.pdf>
- Isku Oy. 2014 [viitattu 24.2.2014].
Saatavissa: <http://www.isku.fi/keittiokalusteet/keittio-kokopuu>
- Kuittinen, M. 2012. Puu hiilivarastona [viitattu 19.2.2014]. Saatavissa: http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puurakentamisen-roadshow-2012-luentoaineistot/Kuittinen%20ECO2_Puuinfo_2012-03-28%20julkaistava%20versio.pdf
- Kuittinen, M. 2012. Puutuotteen hiilijalanjälki [viitattu 19.2.2014]. Saatavissa: http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puurakentamisen-roadshow-2012-luentoaineistot/Kuittinen%20ECO2_Puuinfo_2012-03-28%20julkaistava%20versio.pdf
- Metsäalan ammattilehti. 2013. Euroopan sahateollisuus haluaa vahvistaa toimintaedellytyksiään – Kimmo Järvinen eurooppalaisen sahateollisuuden kärkeen. 30.1.2013 [viitattu 20.2.2014]. Saatavissa: <http://www.ammattilehti.fi/uutiset.html?a2200=5657>
- Metsäteollisuus ry. 2011. Puulevyjen tuotanto, vienti ja tuonti sekä kulutus Euroopassa vuonna 2011 [viitattu 24.2.2014]. Saatavissa: <http://www2.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu2/tilastokuviot/levyeteollisuus/Forms/DispForm.aspx?ID=47&RootFolder=%2ftilastopalvelu2%2ftilastokuviot%2flevyeteollisuus%2fjulkisen%2dFI&Source=http%3A%2F%2Fwww2%2Emetsateollisuus%2Efi%2Ftilastopalvelu2%2FTilastokuviot%2Flevyeteollisuus%2FForms%2FAllItems%2Easpx>
- Metsäteollisuus ry. 2014. Puulevyjen tuotanto Suomessa [viitattu 24.2.2014]. Saatavissa: <http://www2.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu2/tilastokuviot/levyeteollisuus/Forms/DispForm.aspx?ID=40&RootFolder=%2ftilastopalvelu2%2ftilastokuviot%2flevyeteollisuus%2fjulkisen%2dFI&Source=http%3A%2F%2Fwww2%2Emetsateollisuus%2Efi%2Ftilastopalvelu2%2FTilastokuviot%2Flevyeteollisuus%2FForms%2FAllItems%2Easpx%3FRootFolder%3D%252FTilastopalvelu2%252FTilastokuviot%252Flevyeteollisuus%252Fjulkisen%252DFI>
- Puuinfo. 2013a. Puurakentaminen ja ekologinen kestävyys [viitattu 17.12.1013].
Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/ymparistoasiat/ekologinen-kestavyys>
- Puuinfo. 2013b. Puutuotteet hiilivarastona [viitattu 17.12.2013]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/eurooppalainen-puu-ydinasiaa-euroopan-ymparistoystavallisimmasta-materiaalista>
- Puuinfo. 2014. Vähähiilisestä rakentamisesta Suomi-brändi [viitattu 19.2.2014].
Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/ajankohtaista/vahahiilisesta-rakentamisesta-suomi-brandi>

- Suomen Sahat ry. 2014. Sahateollisuus ja kestävä kehitys [viitattu 15.2.2014].
Saatavissa: <http://www.suomensahat.fi/sahateollisuus-ja-kestava-kehitys>
- TEM Metsäalan strateginen ohjelma 2011-2015. 2013 [viitattu 19.2.2014].
Saatavissa http://www.tem.fi/files/37839/3.MSO-esite_su_25.10.2013.pdf
- TEM Metsäalan strateginen ohjelma. 2014 [viitattu 19.2.2014].
Saatavissa: http://www.tem.fi/ajankohtaista/vireilla/strategiset_ohjelmat_ja_karkihankkeet/metsaalan_strateginen_ohjelma
- TEM Toimialapalvelu. 2013. Toimialaraportti 2013. Huonekalujen valmistus [viitattu 20.2.2014]. Saatavissa: http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/1893/Huonekalujen_valmistus_2013.pdf
- Tilastokeskus. 2014. Puhtaan tekniikan tuotanto [viitattu 24.2.2014].
Saatavissa: http://www.tilastokeskus.fi/meta/kas/puhtaan_tekniik.html
- Yle Turku. Uutiset 25.6.2012 [viitattu 20.2.2014].
Saatavissa: http://yle.fi/uutiset/sahat_vakavissa_vaikeuksissa/6193642

Leo Lähteinen

PUUN MUOVIHITSAUKSESTA ÄLYKKÄÄSEEN LIITTÄMISEEN

Tiivistelmä

Artikkelissa luodaan katsaus Puurikastamo (Puuri) -hankkeen, Lahden ammattikorkeakoulun PUM-osahankkeen vaiheisiin ja tuloksiin. Osahankkeen teemoina olivat monialaiset rakenteet puutuotteiden valmistamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen. Tavoitteena oli saada aikaan poikittiteellisiä uusia sovellutuksia puutuotealalle. Hanketta markkinoitiin yrityksille ja muille potentiaalisille soveltajaryhmille tarjottavissa olevien mahdollisuuksien kautta. Nämä mahdollisuudet jaettiin kahteen vaiheeseen, jotka olivat myös osahankkeen sloganeja; puun hitsaaminen muovilla ja puuhun älyä muovilla. Artikkelissa käydään läpi näitä vaiheita ja sitä, miten edellä mainitut sloganit syntyivät, ja miten ne vaikuttivat yritysten näkemyksiin.

Mahdollisuudet

Osahankkeen suunnitteluvaiheessa oli visioitu seuraavia mahdollisuuksia: ohuet tuoterakenteet, ohuet komponentit tuotteisiin, innovatiiviset vanerituotteet, muovitekniikan liitokset ja rakenteet, joustavat liitokset, tekstiili- ja pehmustetut pinnat, kokoonpanomahdollisuudet, uudet tuoterakenteet muotoilun näkökulmasta muoviaineiden ja tekstiilien avulla sekä uudenlaiset valmistusmenetelmät. Näiden mahdollisuuksien takana olivat Lahden ammattikorkeakoulussa PINNO- ja TERMO-hankkeissa toteutetut tutkimukset. Visioitujen mahdollisuuksien kautta puutuotteille lähdettiin hakemaan uusia, yritysten kilpailukykyä vahvistavia tuotesovelluksia, innovatiivisia puujalosteita ja tuotantomenetelmiä. Tärkeää oli huomata, että tekniikka oli sinänsä jo valmiina, mutta hankkeen tarkoitus oli tuoda tuotteiden kokoonpanoon ja tuoterakenteiden suunnitteluun uusia sovelluksia. (Puuri, PUM 2012.)

Alustavat kokeet valmistusmenetelmistä aloitettiin syksyllä 2012, jolloin muovilaboratoriossa valmistettiin demosauvoja (kuva 1), joissa kaksi puukappaletta oli yhdistetty toisiinsa muovin avulla. Näiden kappaleiden oli tarkoitus demonstroida puun ja muovin yksinkertaisinta liitosta. Puuosissa käytettiin koko puujalosteiden valikoimaa, kamarikuivattua koivua, kuusta, lämpökäsiteltyjä laatuja sekä eri vanereita ja näiden eri paksuuksia havainnoimaan liitostekniikan soveltuvuusaluetta. Liitosmuovina käytettiin aluksi muutamia eri muovilaatuja, joiden mekaaniset ominaisuudet vaihtelivat suuresti erittäin joustavista jäykkiin. Näitä olivat termoplastisina muoveina lasikuitulujitettu polypropeeni, polypropeeni, geolast sekä kylmävalumuovina polyuretaani (Heikkinen 2012). Aikaisemmissa hankkeissa oli lisäksi kehitelty kappaleita, joissa muovi oli pursotettu puuhun siten, että muovi muodosti puun pinnasta nousevan ulokkeen, joka oli muotin avulla muotoiltavissa. Muovin avulla voitiin myös kiinnittää puukappaleen pintaan erilaisia tekstiilejä.



Kuva 1. Puumuoviliitos, näytesauvoja (Isko Lappalainen 2014)

Puuta voidaan hitsata muovilla

Puun ja muovin yhteenliittäminen sai nimekseen ”Puun hitsaamisen muovilla”. Hitsaamisen mukaisesti liitokseen sulatettiin materiaalia, joka sitoi kappaleet nopeasti yhteen. Tässä liitostekniikassa muovi ekstruudattiin puukappaleiden väliin työkalujen avulla. Tämä liitostekniikka vaati kuitenkin tehokkaamman valmistusteknisen laitteen, jotta liitostekniikkaa voitiin soveltaa paikasta riippumatta. Tähän ongelmaan haettiin ratkaisua Thermoplaster-laitteesta (kuva 2), plastisaattorista, jonka tarkoitus oli yhdistää ekstruusiohitsauslaitteen ja muovinsaumauslaitteen parhaat puolet, luoden uuden valmistusteknillisen laitteen. Tämä laite toteutettiin monialaisena opiskelijaprojektina mekatroniikan, muovitekniikan ja puutekniikan yhteistyönä. Laitteen rakennusprojekti olikin hyvä esimerkki siitä, miten monialainen opiskelijaprojekti voi tuottaa uudenlaisia laitteita alalle, jossa laitteita on laaja valikoima jo ennestään. Thermoplasterista laadittiin myös tuotannolliseen käyttöön tähtäävä muotoilukonseptointi (kuva 3). (Lahden ammattikorkeakoulu 2014.)



Kuva 2. Thermoplaster (Isko Lappalainen 2014)



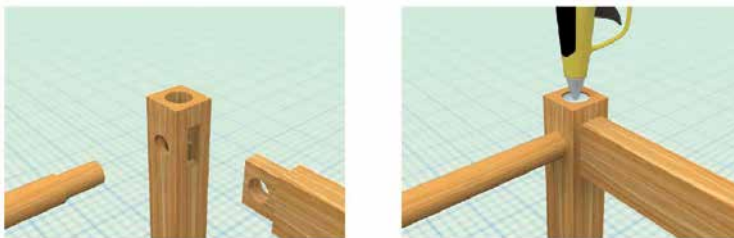
Kuva 3. Thermoplaster (Matias Nieminen 2013)

Puun hitsausta muovilla -liitostekniikkaa kiittelivät loistavana uutena mahdollisuutena niin puusepänterstaat kuin isot konserniyrietyksetkin - ulkomaita myöten. Liitostekniikan mahdollisuudet huomioitiin syksyllä 2012 Puuntyöstömessuilla, jolloin aiheesta kirjoitettiin kahdessa lehdessä. Maaseudun Tulevaisuus -lehdessä kirjoitettiin otsikolla Muovi avaa mahdollisuuksia puutuotteiden liitoksiin (Schäfer 2012) ja Etelä-Suomen Sanomissa, Slow wood -artikkelin yhteydessä alkusanoilla Uutta tekniikkaa messuilla edustaa puun hitsaaminen muovin avulla (Puttonen 2012). Tämä herätti kiinnostusta etenkin suunnittelualan toimijoissa, joista aktivoitui yksi muotoilutoimisto, iam design Oy. Toimisto ideoi hankkeen markkinointikäyttöön puumuovi-liitostuotteita, joissa puun muovihitsaus -liitostekniikkaa oli sovellettu arkipäivän tuotteisiin, hyödyntäen erityisesti liitostekniikalla haettavia ominaisuuksia (TEM Toimialapalvelu 2013.)

Messuilla esiin noussut uusi liitostekniikka herätti mielenkiintoa myös muissa oppilaitoksissa ja erityisesti suunnittelu- ja muotoilualoilla. Hankkeen aikana pidettiinkin useita liitostekniikkaan liittyviä luentoja muotoilupuolen opiskelijoille. Yrityksissä sovellusten ideointia vaikeuttivat liitoksen valmistukselliset kysymykset sekä tuotesortimentin ”yksinkertaisuus” haettaviin tavoitteisiin nähden. Yksinkertaisuus tarkoitti tässä tapauksessa sitä, että tuote soveltui hyvin raaka-aineeksi keskisuurten ja pienten yritysten erittäin pitkälle jalostettujen tuotteiden valmistukseen. Samalla huomattiin, että liitostekniikan ominaisuuksien täysi hyödyntäminen oli vaikeaa sen valmistusmenetelmän takia. Puun muovihitsaus sai aikaan liitostekniikan valmistuksellisen näkökulman korostamisen, mutta itse sovellusten mahdollisuuksia ei vielä nähty.

Puuhun älyä muovilla

Valmistustekniikan mahdollisuuksien korostamisen jälkeen liitostekniikan mahdollisuuksia lähettiin markkinoimaan pitkälti muovin erikoisominaisuuksien kautta. Markkinointia suunnattiin erityisesti keskisuurille ja pienille yrityksille. Tämä sai aikaan sen, että hyvin puutietoinen ala heräsi miettimään täysin toisella tavalla käyttäytyvän materiaalin mahdollisuuksia. Koska älyä haettiin joka sovellukseen, uudeksi teemaksi muotoutui ”puuhun älyä muovilla”. Uusina mahdollisuuksina puutuotteiden ominaisuuksiin nousivat uudelleenmuokattavuus, joustavuuden säätö, lämmönkesto, äänenvaimennus, värinänvaimennus, snap- ja nivelrakenteet sekä lukuisat väri vaihtoehdot (Helsinki 2014; Heikkinen 2012). Lisäksi älykkyyttä nähtiin myös puumuovi-liitustuotteiden valmistuksessa, valmistus oli visioituna jo osahankkeen mahdollisuuksissa. Hyvänä esimerkkinä tällaisesta sovellutuksesta oli Thermoplasterilla kaavailtu tuolin jalkaliitoksen valmistus ilman liimoja, ruuveja tai pultteja (kuva 4). Tässä sovellutuksessa muovi pursotettiin jalan kulmaan, jossa liitokappaleisiin oli tehty sopivat koneistukset ja muovi kovettuessaan kietoutui sitoen liitokappaleet tiukasti yhteen. Tässä tapauksessa muovin kovettumisilmiöön liittyvä kutistuminen teki liitoksesta erittäin jäykän. Verrattuna esimerkiksi perinteiseen liimaporotappi -liitokseen, puumuoviliitoksen pitkäaikaiskestävyys oli nähtävissä paljon paremmaksi, sillä liitoksessa oleva muovi oli levittäytynyt huomattavasti suuremmalle tilavuusalalle ja pito oli mekaaninen. Mekaaninen liitos piti kappaleet yhdessä siihen asti, kun itse sidosmuovi murtui. (Lahden ammattikorkeakoulu 2014.)

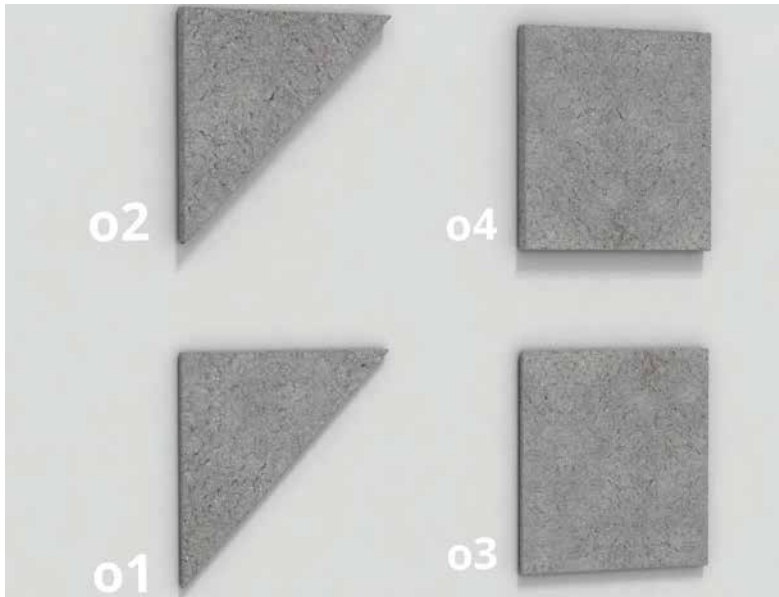


Kuva 4. Tuolin jalkaliitos (Isko Lappalainen 2012)

Projektit

Yrityksiltä saimme kuusi puumuoviliitos -projektiä, joissa keskityttiin pelkästään tuotesovellusten konkretisoimiseen. Aiheeseen liittyviä opinnäytetöitä tehtiin kaksi. Lisäksi opintojaksoihin liittyvinä opiskelijaprojekteina toteutettiin erilaisia pienempiä kokeiluja. Yritysprojektit olivat pääosin rakennusteollisuuden yrityksiltä. Opiskelijoiden omat projektit keskittyivät pääosin huonekaluteollisuuteen. Yritysprojekteissa haettiin uusia ideoita muun muassa oven karmiliitoksen uudistamiseen, leikkipuistojen turva-alustaan, ikkunoiden kulmaliitoksiin ja listojen kiinnityksiin (Erola 2013; Saarinen 2013; Vahtila 2013). Puumuoviliitos-aiheeseen liittyvät opinnäytetyöprojektit käsittivät kaksi levyrakennetta; 3D-viilun ja akustiikkalevyn.

Akustiikkalevyprojekti (kuva 4) poikkesi muista sovellutuksista siinä, että kyseisessä tuotteessa eristemateriaali muutettiin yksinkertaisella käsittelyllä näyttäväksi akustiseksi seinäpaneeliksi eli tuote sai uuden käyttökohteen (Turunen 2013). 3D-viilun kehitysprojekti oli hankkeen ainoa aihe, joka oli lähtöisin TERMO-hankkeesta ja jonka kehitystä lähdettiin tässä projektissa viemään eteenpäin. Lähes poikkeuksetta muissa projekteissa puumuoviliitokset olivat näkyvästi esillä samaan tapaan kuin projektin alussa valmistetuilla näytekalpeilla (Patrikainen 2010.)



Kuva 5. Akustiikkalevy (Turunen 2013)

Tulokset

Hankkeen lopputuloksena oli valmiita sovelluksia, joita olivat 3D-viilu, akustiikkalevy ja Thermoplaster-laite. Pientä tuotekehitystä vaativat projektit olivat oven karmin kulmaliitos, ikkunoiden kulmaliitokset ja lyöntilaudan kiinnitysprojekti. Nämä projektit toimivatkin hyvänä lähtökohtana kulmaliitosten kehitykselle ja puun muille kiinnitysteknisille ratkaisuille, sillä niissä huomattiin hyvin paljon samoja piirteitä tuolin jalkaliitoksen mallin kanssa. Näissä projekteissa tuotekehitystä tarvitaan tuotannollisen puolen asioissa ja optimaalisen muovimateriaalin määrittämisessä.

Valmiiksi saaduissa tuotoksissa voidaan sanoa olevan monenlaista älykkyyttä, joka perustuu erilaisten muovien ominaisuuksiin, aina kylmävalettavista muoveista termoplastisiin muoveihin. 3D-viilussa kylmävalettavan muovin ollessa levyrakenteen tuki ja sidemateriaalina saadaan aikaiseksi levy, jota voidaan taivuttaa moneen eri suuntaan ja hyvin jyrkissä kulmissa. Tässä levyrakenteessa on hyödynnetty muovin erittäin elastisia ja liimautuvia ominaisuuksia, jotka toimivat huonelämpötiloissa muovin jäähmetyttyä. Levymateriaali on lepotilassa normaalin ohutlevyn näköinen, mutta mekaanisessa rasituksessa se venyy ja muotoutuu hyvinkin radikaaleihin kuluihin, riippuen pintaviilujen rakenteesta.

Akustiikkalevyssä, joka on tuotettu viemällä lämmöneristemateriaalin käsittely yhtä prosessia pidemmälle, on hyödynnetty puun ja muovin mikroskooppitason liitosta. Tuote sisältää noin 7 % polyesteriä ja 93 % puukuitua eli paperia. Muovimateriaalin sulamisen ja jäähmettämisen avulla huokoinen eristemateriaali voidaan muokata eri paksuisiksi levyiksi, joiden huokoisuuteen voidaan vaikuttaa kasaanpuristumisasteella. Huokoisuus puolestaan vaikutti levyn akustiikkiin ominaisuuksiin (Turunen 2013.)

Ovenkarmin ja ikkunoiden kulmaliitoksissa älykkyyttä voidaan lähteä mittaamaan lähinnä valmistusteknisistä näkökulmista ja esteettisyyden perusteella. Kaikissa ratkaisuissa voidaan hyödyntää muoviaineksen pursottamisominaisuutta ja samaa kiinnitysideaa kuin tuolinjalkaliitoksessa. Tavoite projekteissa oli luoda uusia edistyskellisempiä liitoksia, joita muilla valmistajilla ei olisi (Saarinen 2013). Lisänä olisivat muovin luontaiset ominaisuudet, jotka voisivat parantaa tuotteen ominaisuuksia kohteen vaatimusten kautta. Esimerkiksi ikkunoissa karmien läpi tapahtuva lämmön siirtyminen saattaa tulla muovien eristävyuden kautta paremmaksi, eli liitos itsessään sekä kiinnittää että eristää, toisin sanoen toimii älykkäällä tavalla.

Yhteenveto

Osahankkeelle suunnitteluvaiheessa visioidut mahdollisuudet toteutuivat osittain. Parhaisiin konkreettisiin tuloksiin päästiin ohuiden muovirunkoisten puupintaisten komponenttien kehittämisessä. Niiden rakenne oli joustava ja komponenttien rakenteen avulla säädettiin joustoa. Näiden liittäminen puutuotteisiin jää seuraavien hankkeiden tehtävälistoille. Tuolin jalkaliitoksen mallia hyödynnettiin soveltaen erilaisissa rakennustuotteiden kulmaliitoksissa. Niissä korvattiin tällä menetelmällä perinteiset tappiliitokset tai liitosta vain vahvistettiin muovin avulla. Näissä sovelluksissa oli myös vahvasti mukana konstruktivisten muoviainekäytön. Uusien innovatiivisten valmistusmenetelmien testaus jäi vähäiseksi. 3D-viilun kohdalla päästiin koestamaan laserleikkuun tuotannollista käyttöä, mutta kokonaisuutena se vaatii vielä paljon tuotannollista

kehitystä. Thermoplaaster-laite toimi odotetusti, mutta sen monipuolisempi käyttö jäi vähäiseksi lähinnä siksi, että sen avulla tehtävät tuotannolliset sovellutukset jäivät vielä kokeilujen asteelle. Nämä kokeilut olivat rakennusteollisuuden tuotteiden kulmaliitosten vahvistaminen tai hienos-tuneempi liitostekniikka. Tekstiilit jäivät todella pieneen osaan tutkimuksissa. Näkyvimmin ne olivat esillä puu-muovi-implanteissa sekä akustiikkalevyn pinnankäsittelykokeissa. Suurin yllä-tys oli tuolin jalkaliitoksen konkretisointi, jonka visualisointi näytti jo liitoksen toimivuuden. Huonekalualan yrityksissä tämä ei kuitenkaan herättänyt kiinnostusta.

Puun ja muovin yhteen liittäminen uudella, enemmän mekaanisella tavalla, osoitti puuteolli-suuden jähmeän vastaanoton täysin uudenslaiselle poikkiteolliselle liitostekniikalle. Osasyynä passiivisuuteen selityksi sillä, että nyt annettiin ensin ratkaisu, johon haettiin sopivaa ongelmaa, kun yleensä asia alkaa ongelmalla ja loppuu ratkaisuun. Toinen osasyys oli yritysten heikohko ta-loudellinen tilanne, mikä passivoitti tuotekehitykseen suunnattavia resursseja. Toisaalta, yleises-ti monet asiantuntijat ympäri maailmaa sanovat, että nimenomaan heikkoina aikoina panokset pitäisi juuri kohdentaa paljolti tuotekehitykseen, jotta paremman ajankohdan tullessa voidaan markkinoille viedä uusia innovatiivisia tuotteita. Mikäli tuotekehityspuoleen ei laiteta riittävästi resursseja, nousukauden alkaessa yrityksen tuotteet uhkaavat jäädä kilpailijoiden jalkoihin. Tä-män hankkeen yksi tavoitteista oli yritysten kilpailukykyyn vahvistaminen uusilla innovatiivisilla, poikkiteollisilla ratkaisuilla. Nyt saatiin hyvä pohja monen eri sovellutuksen kohdalla. Seuraa-va vaihe on viedä nämä sovellusmahdollisuudet ”rikastuttamaan” yrityksiä.

Lähteet

- Erola, R. 2013. Vientipäällikkö. Jeld-Wen Suomi Oy, Vääksy. Haastattelu 2013.
- Heikkinen, R. 2012. Muovitekniikan lehtori. Lahden ammattikorkeakoulu, Lahti. Haastattelu 2012.
- Helsinki. 2014. Muovien ominaisuudet [viitattu 22.2.2014].
Saataavissa: <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/muovit/ominaisuudet.htm>
- Lahden ammattikorkeakoulu. 2014. Näytekuvas-to - älyä liitokseen [viitattu 22.2.2014].
Saataavissa: <http://www.lamk.fi/puuri/naytekuvas-to/>
- Patrikainen, A. 2010. Termomuovattavat puulevyvalmisteet, Viulun murtovenymän parantaminen 3D-muotopuristuksessa. Lahden ammattikorkeakoulu, Puutekniikan koulutusohjelma, AMK-opinnäytetyö.
- Puttonen, K. 2012. Voittajarahi lähtee Milanoon. Etelä-Suomen Sanomat 15.11.2012.
- Puuri, PUM. 2012. Puuri, PUM, osahankekuvaus allekirjoitettuna ja skannattuna.
- Saarinen, H. 2013. Toimitusjohtaja. Lammin Ikkuna Oy, Lammi. Haastattelu 2013.
- Schäfer, H. 2012. Muovi avaa uusia mahdollisuuksia puutuotteiden liitoksiin. Maaseudun Tulevaisuus 23.11.2012.

TEM Toimialapalvelu. 2013 [viitattu 22.2.2014].

Saatavissa: http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/1899/Leo_Lahteinen_Puuri_esitys.pdf

Turunen, S. 2013. WoL -akustiikkapaneelisarja, Eristelevyistä akustoivaksi sisäverhoustuotteeksi. Lahden ammattikorkeakoulu, Muotoilun koulutusohjelma, AMK-opinnäytetyö.

Vahtila, J. 2013. Talous ja hallinto, sopimusasiakkaat. Leikkiset Oy, Forssa. Haastattelu 2013.

Reijo Heikkinen

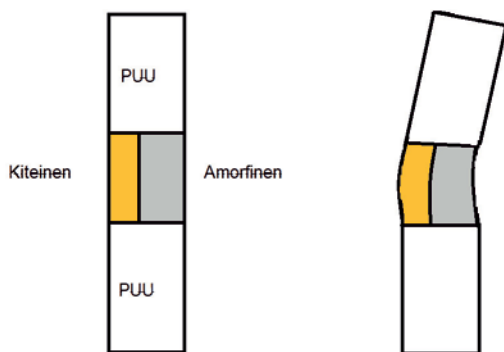
PUUMUOVILIITOSTEN TYÖKALUT

Tiivistelmä

Älykkäiden puumuoviliitosten valmistamisessa voidaan käyttää ruiskuvalumenetelmiä. Kyseinen valmistustapa vaatii omanlaiset työkalut, jotta liitos saadaan aikaiseksi. Sula kestomuovi voidaan valaa puukappaleiden ympärille joko perinteisessä ruiskuvalukoneessa melko tavanomaiseen muottiin. Tarvittaessa voidaan käyttää hyvinkin erikoistunutta tekniikkaa liitosten aikaansaamiseksi. Ruiskutusyksikön voi korvata käsin kannateltava ekstruuderit tai muu ruiskutuksen hoitava yksikkö. Myös muotti voi olla omilla sulkulaitteilla varustettu valmistettavan liitoksen ympärille kokoonpantava mekanismi. Seuraavassa artikkelissa on käsitelty näitä laitteita sekä haasteita, joita tekniikan kokeilu ja käyttöönotto on tuonut esiin.

Yleistä älykkäistä liitoksista

Jos halutaan tehdä puumateriaaliin liitos, joka vastaa lujuudeltaan puun, vanerin tai muun vastaavan aineen lujuutta, on liimaaminen varmasti paras, helpoin ja edullisin tapa. Mutta jos halutaan valmistaa liitoksia, joilla on muunlaisia ominaisuuksia, tulee saumassa käyttää tarvittavan ominaisuusprofiilin omaavia materiaaleja. Kestomuoveilla on hyvin laaja ominaisuuskirjo ja helposti prosessoitavina materiaaleina niistä voidaan valmistaa liitososia puurakenteeseen kiinni suoraan ilman erillistä liitososan valmistusta ja kokoonpanoa. Tarvittavaa ominaisuutta ei aina voida saada aikaiseksi yhdellä materiaalilla, vaan puuhun muodostettavassa muovisaumassa joutuu käyttämään useita monikomponenttitekniikalla aikaansaatuja materiaalikerroksia (kuva 1). Materiaalikerrosten ominaisuudet poikkeavat voimakkaasti toisistaan, jolloin haluttu toiminto saadaan aikaiseksi. Esimerkiksi jos halutaan saada tietyssä lämpötilassa avautuva luukku, voidaan sarana valmistaa osittain kiteisestä osasta, johon on tahallista epätasaisella jäähtymisellä saatu tietty poikittainen jännitysprofiili. Kun tämän osan rinnalle valetaan amorfinen materiaali, jolla on tietyssä lämpötilassa tapahtuva molekylaarinen relaksaatio, saadaan aikaiseksi tietyllä tavalla toimiva liitos. Näin valmistettua saranaa voidaan käyttää aukaisemaan tai sulkemaan luukku tietyssä lämpötilassa.



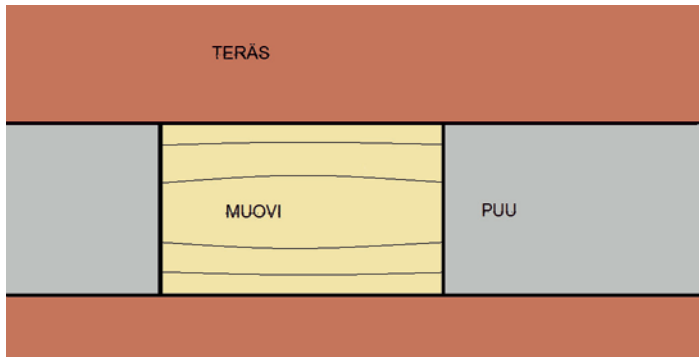
Kuva 1. Kiteiseen muoviin synnytetty jännitys aiheuttaa liitoksen muodonmuutoksen, kun amorfisen muovin T_g - lämpötila ylitetään (Reijo Heikkinen 2014)

Puumuoviliitosten tekeminen kestopuoveilla on periaatteessa ruiskuvalua muottiin, jossa puuosat jäävät inserteiksi muovikappaleeseen, vaikka muoviosan osuus koko kappaleesta saattaa olla hyvin pieni verrattuna puukappaleen kokoon. Voidaan puhua myös rinnakkaisruiskuvalusta, jossa puukappaleet muodostavat huomattavan osan pesästä muotissa.

Valmistusprosessin ominaisuuksia ja vaatimuksia

Lämmönjohtumisero

Puun lämmönjohtokerroin on vain 0,1 ... 0,2 W/mK (C4 Suomen rakennusmääräyskokoelma 2003), kun se vastaavasti teräksellä (impax supreme) on 28 W/mK (Uddeholm 2008) ja vastaavasti muoveilla se on samaa luokkaa puun kanssa tai jopa hieman parempi, eli 0,2 ... 0,5 W/mK. Tästä syystä sula muovi ei juuri siirrä lämpöä puukappaleisiin eikä täten jäähdytyskoivinkaan paksultti puupintaa vasten. Sulan muovin jäähdytys alkaa muotin teräspinnosta ja jäähmeäkerros kasvaa lähinnä vain näistä pinnoista alkaen kunnes vastaisista teräspinnoista kasvavat jäähmeäkerrokset yhtyvät muoviosan keskellä (kuva 2). Kun jäähdytys kuitenkin tapahtuu paineen alaisuudessa, saa muovikerros sille tyypillisen jännitysprofilinsa, jossa pinnassa on puristus- ja keskellä vetojännitys. Jäähdytys suhteen puun ja muovin välinen rajapinta on lähestulkoon näkymätön. Tästä on etua siinä mielessä, että puuta vasten olevaan pintaan ei tule kutistumasta johtuvaa leikkausjännitystä. Lisäksi muoviosan keskialue pyrkii vetämään puukappaleita toisiaan vasten, joten kappaleiden pinnassa puun ja muovin välissä on puristusjännitys.



Kuva 2. Muovissa olevat isotermit (mustat ohuet viivat) jäähdytysajan aikana. Isotermit kuvaavat jäähmeäkerroksen etenemistä. Muovi ei juurikaan luovuta lämpöä puun suuntaan. (Reijo Heikkinen 2014)

Haittana on erityisesti hidas jäähdytys sellaisissa liitoksissa, joissa puukappaleet ovat lähellä toisiaan ja muotin metallipintojen välinen etäisyys on suuri suhteessa puupintojen väliseen etäisyyteen. Puun huonolla lämmönjohtokyvyllä ei ole haittaavaa merkitystä silloin, kun puukappaleiden välinen etäisyys on suurempi kuin muotin metallipintojen. Kyseinen kappale jäähtyy silloin samoin kuin oletettu kokonaan muovista valmistettava laaja kappale, jonka tarvitsema jälkipaineen vaikutusaika voidaan laskea kokemukseräisestä kaavasta $t=0,3s^{2,2}$, jossa s on muotin metallipintojen välinen etäisyys ja t on tarvittava aika paineistettuun jäähdytyskappaleeseen sillä kriteerillä, että suuria imuja ja onteloita ei pääse syntymään.

Muotin sulkua tai pesän kokoonpano

Muotin liikkeet voidaan järjestää perinteiseen tapaan ruiskuvalukoneessa tai erillisellä tai muotin omalla sulkumekanismilla. Tarvittava ruiskutusaine ei ole kovin suuri, joten sulkuvoimat ja niiden vaatima muotin tukevuus eivät muodosta ongelmaa. Lahden ammattikorkeakoulun muovilaboratoriossa on rakennettu erityyppisiä muottiratkaisuja. Osa niistä toimii ilman ruiskuvalukonetta omilla sulkulaitteilla ja osa ruiskuvalukoneessa tavallisen muotin tapaan. Näissä tapauksissa ruiskuvalukone hoitaa muotin sulkemisen, avaamisen ja ulostyöntöä automaattisesti. Muotin ympärillä oleva ruiskuvalukone rajoittaa liitettävien puukappaleiden mittoja. Ruiskuvalukoneen käydessä, sen suojaosien ja ovien tulee olla suljettuina. Erikoisjärjestelyin voidaan liittää puukappaleita, joiden ulottuvuus on koneen sisätilaa suurempi. Ruiskuvalukoneen käyttäminen mahdollistaa myös pitkälle viedyn automaation käyttämisen kappaleiden käsittelyssä.

Toinen vaihtoehto on käyttää keveitä muottirakenteita, joiden sulkua hoidetaan erillisillä tai muotin osiin liitetyillä puristimilla. Tässä tapauksessa muotti rakennetaan puuosien ympärille jokaista liitosta varten. Tällä järjestelyllä liitettävien puuosien koko ja muoto on vapaampi. Erityisesti suurien ja monimutkaisten rakenteiden valmistaminen modulaarisista puuosista tulee mahdolliseksi. Muotti kootaan liitettävien osien ympärille mielellään kahdesta puolikkaasta, mutta monimutkaisessa muodoissa voidaan muotti kokoonpanna myös useasta kappaleesta.

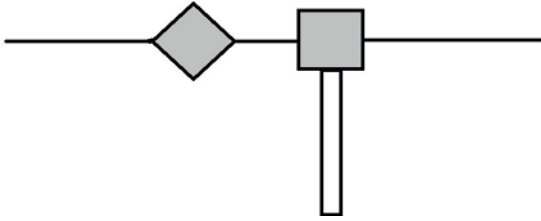
Ruiskutusyksikön kytkentä

Jos ruiskutus tehdään käsiekstruuderilla, on kytkennässä otettava huomioon ruiskutusaineen aiheuttama voima, joka pyrkii työntämään ekstruuderia erilleen muotista. Ruiskuvalukoneessa tämä ei ole ongelma, koska ruiskutusyksikkö painetaan muottia vasten suurella voimalla. Käsiekstruuderissa pitää olla tämän vuoksi jonkinlainen bajonettityyppinen kytkentä tai paineesta syntyviä voimia kompensoiva rakenne.

Syöttö on sijoitettava sellaiseen paikkaan, että massarintama saavuttaa mahdollisimman suuren osan puukappaleiden liitospintoista yhtä aikaa. Näin varmistetaan välitön paineen nousu, kun sula muovimassa saavuttaa puupinnat. Vaikka puun jäädyttävä vaikutus on hyvin paljon pienempi kuin muotin teräspintojen, silti sulan muovi osuessa puun pintaan muodostuu nopeasti hyvin ohut kylmempi kerros, joka huonontaa tarttuvuutta. Syötön koko tulee mitoittaa sen mukaan, että riittävän pitkä jälkipaineaika saadaan tuotettua osan jäähtymistä varten.

Ulostyöntö

Muotissa tarvitaan jonkinlainen mekanismi kappaleen ulostyöntämiseksi. Ulostyöntö voi toimia perinteiseen tapaan ruiskuvalukoneen ohjaamana. Varsinaisena ulostyöntönä toimivat hyvin tavalliset ulostyöntötapit. Puuosat eivät tartu pesiin kovinkaan lujasti, joten niiden ulostyöntäminen on tarpeen vain silloin kun ne on jouduttu puristamaan paikoilleen muottiin. On tosin käytännössä huomattu, että muotti voidaan rakentaa myös sellaiseksi, että kappale irtoaa helposti jo muottia avattaessa. Tällöin kappaleet voidaan asettaa muottiin sellaiseen asentoon, että muodostuu riittävät päästöt (kuva 3). Jos kappaleet irtoavat muotista hyvin, on ulostyöntö tarpeeton, koska puukappaleiden asettelu ja muotista poisto joudutaan tekemään joka tapauksessa jotenkin, esimerkiksi käsin tai robotilla. Muotit, joita käytetään ilman ruiskuvalukonetta toimivat usein ilman ulostyöntöä ja tämä tulee ottaa huomioon pesien asentoa suunniteltaessa.



Kuva 3. Kappale voidaan asettaa muottiin siten, että varsinaista ulostyöntöä ei tarvita (Reijo Heikkinen 2014)

Jäähdytys

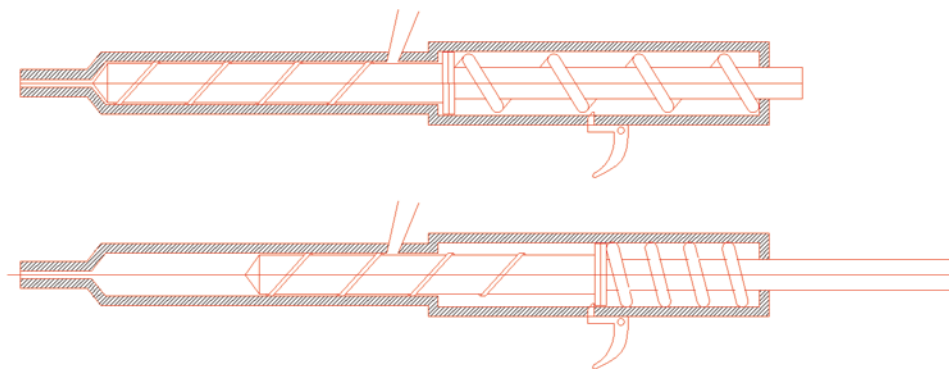
Ruiskuvalukoneen yhteydessä toimivassa muotissa jäähdytys on helppo järjestää tavanomaisesti poraamalla jäähdytysnestekanavat muotteihin. Kun muotti on irrallinen, tulee kysymykseen myös ilmajäähdytteinen muotti. Tässä tapauksessa muotti lämpenee johonkin lämpötilaan, joka riippuu muotin ja ruiskutettavan muovimassan lämpökapasiteeteista, kun tarkastellaan yksittäistä ruiskutustapahtumaa. Vaikka työkaluteräksen ominaislämpökapasiteetti on vain 0,46 kJ/kgK (Uddeholm 2008) verrattuna muovien 1 ... 2 kJ/kgK, on muotin massa yleensä 100 ... 1000 kertainen muovin massa verrattuna tämäntyyppisillä muoteilla. Jaksoaika on kuitenkin yleensä niin hidas näissä muoteissa, että konvektio ja lämpösäteily pitävät huolen, että usean toistuvan ruiskutuksen jälkeen tasapainolämpötila ei nouse kovin korkeaksi.

Purseen muodostus

Muovi voi tunkeutua perinteisissä teräsmuoteissa n. 0,03 mm tai jopa pienempiin rakoihin. Jotta vältytään purseilta puukappaleiden ja muotin välissä, on puussa oltava jonkin verran puristusta. Kohtuullisella puristuksella muovi näyttäisi tunkeutuvan mieluummin puun sisään, kuin puun ja teräksen väliin. Puun käyttäminen ruiskuvalumuotissa inserttinä aiheuttaa haasteita puukappaleiden valmistustarkkuudelle. Käytännössä on todettu, että puuta voi työstää helposti 0,1 mm:n tarkkuudella, joka on kuitenkin yleensä riittävä viiden prosentin puristuksella, jos kappaleen mitta on viiden mm:n luokkaa. On otettava huomioon, että puukappaleiden mitat voivat muuttua ilman kosteuden muuttuessa.

Ruiskutuksen prosessointiarvot

Ruiskutusnopeudeksi suositellaan käytettäväksi nopeaa ruiskutusta, jolloin massa saadaan kuumana ja nopeasti paineistettuna puuta vasten. Kaasunpoisto muotista ei tule ongelmaksi johtuen puun huokoisuudesta. Jälkipaineen profiili kannattaa tehdä nousevaksi, jotta syöttö saadaan pysymään auki koko suunnitellun jälkipaineen ajan. Jälkipaine voidaan nostaa muotin täyttämisen jälkeen muutamassa sekunnissa 20 MPa:sta 30 MPa:iin ilman vaaraa puun halkeamisesta. Käyttämällä ruiskutukseen ekstruuderia, on riittävän ruiskutusnopeuden aikaansaanti vaikeaa. Käsi­käyttöisissä laitteissa voidaan käyttää paineilma- tai jousitoimista ruiskutusta. Paineilmaruiskutuksessa ruuvia työnnetään eteenpäin paineilman avulla samoin kuin perinteisessä ruiskuvalukoneessa käytetään hydraulikkaa. Jousitoimisessa ruiskutuksessa plastisoidaan sula muovimassa ruuvin eteen ja samalla jännitetään jäykkä jousi, joka on ruuvin takana. Ruiskutus alkaa, kun jousi vapautetaan työntämään ruuvia, joka toimii perinteiseen tapaan mäntänä työntäen sulan muovin muottiin (kuva 4).



Kuva 4. Jousella toimivan ruiskutuslaitteen periaate. Kuvasta puuttuvat ruuvin pyöritysmekanismi ja sylinterin lämmitys (Reijo Heikkinen 2014)

Menetelmän haasteita

Puiden luistaminen

Kestomuovin ruiskuttamiseen tarvittava paine on riittävän suuri, että se pyrkii siirtämään puuosia ulospäin muotista suurella voimalla. Voima voidaan laskea yksinkertaisesti kertomalla muovinsulan paine puun projektiopinta-alalla sen mahdolliseen liikesuuntaan nähden. Voima on pienelläkin paineella niin suuri, että puuta ei voi vain puristamalla ja kitkan avulla pitää paikoillaan. Jos puristusta kasvatetaan liiaksi, puukappale vaurioituu pysyvästi. Koemuoteissa on myös kehitetty erilaisia pidättimiä, esimerkiksi kohoutumia ja piikkejä. Näiden määrän on oltava suuri ja ne jättävät puuhun jälkiä ja painanteita. Yksi toimiva tapa on käyttää pyällystä puiden tukipinnoilla riittävän pitkällä matkalla yhdessä kohtuullisen suuren puristuksen kanssa. Puristus on suurehko, jos puun kokoonpuristuma on viisi prosenttia.

Halkeaminen

Vaikka erilaisten puiden lujuudessa on suuria eroja, niin lukuisat koeajot ovat osoittaneet, että puu halkeaa ja muovin tunkeutuu puun sisään kun muovin paine ylittää n. 20 MPa. Tämä tapahtuu vaikka puussa olisi suurikin puristus muotin puolelta. Suomalaisten puiden halkaisulujuus on 2 ... 3 N/mm² ja lämpökäsitellyllä puulla se on hieman vähemmän (Vilppunen 2007), joten paineenkesto on oletettavasti noin kymmenkertainen mitattuun halkaisulujuuteen verrattuna. Kun ottaa huomioon, että puun puristuslujuus on 60 ... 70 MPa (Vilppunen 2007), tapahtuu halkeaminen jo paljon aikaisemmin ennen kuin puristuslujuus ylitetään. Jos halkeamisesta ei ole erityistä haittaa, on se hyödyksi puun ja muovin tartunnan kannalta.

Tartunta

Muovin ja puun välinen tarttuvuus lienee suurin ongelma käyttökelpoisten liitosten tekemiseksi. Kestomuovien viskositeetti sulana on korkea, joten ne eivät juuri tunkeudu puun rakenteeseen. Tämän takia kosketuspinta-ala muovin ja puun välillä on pieni. Suurin vaikutus tunkeutumaan on erityisesti muovin viskositeetilla pienissä leikkausnopeuksissa. Leikkausohenemisella ei ole merkitystä tässä, koska muovin kohdatessa puun syntyvä leikkaus on olematon. Tartuntaa voidaan hieman parantaa lisäämällä muoviin erilaisia kytkentäaineita. Näillä lisäaineilla voidaan myös käsitellä liitettävät puupinnat. Vaikka muovissa käytettäisiin kytkentäaineita, ei tarttuvuus

ole riittävä kaikkiin sovelluksiin. Liitoksen kestävyyttä voidaan parantaa muovin ja puun välisellä muodolla. Muotoina voidaan käyttää erilaisia olakkeita, hammastusta, karhennusta tai reikiä. Yleisesti ottaen tekemällä ns. muotosulkeinen liitos, sekä käyttämällä kytkentäaineita ja valitsemalla mahdollisimman pieniviskositeettinen muovi, saadaan toimiva ja varmatoiminen kytkentä aikaiseksi muovin ja puun välille.

Lähteet

C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2002. Lämmöneristys [viitattu 26.2.2014].
Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf>

Uddeholm. 2008. Uddeholm Impax supreme [viitattu 26.2.2014].
Saatavissa: http://www.uddeholm.fi/files/uddeholm_impax_supreme.pdf

Vilppunen, M. 2007. Puun lujuusvertailutkimuksia. Puutekniikan opinnäytetyö.
Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala [viitattu 26.2.2014].
Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/11739/2008-04-15-12.pdf?sequence=1>

Pentti Järvelä & Pirkko Järvelä

VANERIN PINNOITTAMINEN MUOVILLA

Tiivistelmä

Vanerin pinnoituksella pyritään vaikuttamaan moniin asioihin. Pinnoittamalla voidaan muuttaa vanerin ominaisuuksia ja käytettävyyttä sekä antaa vanerille lisäarvoa. Vanerin pintaominaisuudet ovat tärkeitä ja niiden merkitys riippuu hyvin paljon sovelluskohteesta. Pintaominaisuuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi pinnoitemateriaali, pinnoitemateriaalin tartunta vaneriin, pinnoitteen paksuus ja pinnoitustekniikka. Keskeisiä pintaominaisuuksia, joihin pinnoittamisella voidaan vaikuttaa, ovat pinnan väri, visuaaliset ominaisuudet, pinnan kovuus, kitka ja kulumisominaisuudet. Pinnoituksella voidaan vaikuttaa myös vanerin mekaanisiin ominaisuuksiin. Vaneri on pääosin puuta ja sen rakenne koostuu ohuista päällekkäistä, toisiinsa nähden ristiinliimatuista puuviiluista, ja tämä antaa vanerille suhteellisen hyvät mekaaniset ominaisuudet. Lujuuutta ja jäykkyyttä voidaan jonkin verran parantaa kuitulujitetuilla pinnoitteilla. Sopivilla muovipinnoitteilla on mahdollista parantaa olennaisesti vanerin iskulujuutta. Vanerin väsymiskestävyys on erittäin hyvä eikä siihen pinnoitteilla ole helppoa vaikuttaa. Puhdas, käsittelemätön vaneripinta absorboi helposti kosteutta, sen pintaan tarttuu helposti erilaista likaa ja vanerin pinnasta irtoaa helposti puukuuituja, ja näiden ilmiöiden eliminoimiseksi vaneri voidaan pinnoittaa sopivilla polymeeripohjaisilla pinnoitteilla. Vanerin reunan pinnoittaminen on haasteellista sen rakenteen epähomogeenisuudesta johtuen. Tähän on pyritty löytämään uusia ratkaisuja perinteisen maalauksen sijaan, mutta toistaiseksi tulokset ovat olleet vaatimattomia ja tarvitaan lisää aiheeseen liittyvää tutkimusta.

Vanerin rakenne

Vaneri on vähintään kolmesta ohuesta puuviilusta liimaamalla valmistettu levymäinen puutuote. Vaneriviilut on liimattu toisiinsa nähden ristiin ja tällöin vaneri on aina peilikuva keskilinjän suhteen. Normaali suomalainen vaneri valmistetaan ohuista ristiinliimatuista viiluista. Koivu- ja kuusiviilun nimellispaksuus on 1,4 mm. Paksuviiluisen havuvanerin viilunpaksuudet ovat 2,0–3,2 mm (Metsäteollisuus ry 2005). Alkujaan vanerit valmistettiin Suomessa pääosin koivuviiluista, mutta havuviilujen käyttö alkoi viime vuosisadan puolivälin jälkeen. Tällä hetkellä vaneria voidaan valmistaa lähes kaikista puulajeista ja vanerin rakenteessa voi samanaikaisesti olla eri puulajeja. Puuviilu on ohut levy, joka leikataan yhdellä kertaa pyörivän sorvipölkyn pinnasta.

Vanerin valmistuksen tärkein vaihe on vaneriviilujen liimaus. Vanerin historian alkuaikoina liimana käytettiin erilaisia luonnonpohjaisia sideaineita, mutta viime vuosisadan puolivälissä käyttöön tulivat erilaiset kertamuovihartsit, joista eniten käytettyjä ovat fenoliformaldehydihartsit. Tämä liima-aine mahdollistaa vanerituotteiden käyttämisen märissäkin ulko-olosuhteissa. Levyjen pitää tällöin olla huolellisesti pinnoitetut ja reunasuojatut. Pieni osa vanerituotannosta tehdään ureaformaldehydiliimoja käyttäen. Nämä tuotteet soveltuvat vain kuivissa olosuhteissa käytettäviksi. (Metsäteollisuus ry 2005.)

Rakenteellisesti päällekkäisten viilujen syyt ovat kohtisuorassa toisiaan vasten ja tästä johtuu vanerin hyvät lujuusominaisuudet kaikissa suunnissa. Ristiinliimaus estää myös kosteusvaihte-

luiden aiheuttamia mittojen muutoksia eli puun kosteuselämistä levyn tason suunnassa. Yksittäisen viulun lujuus syiden suunnassa on korkea, mutta sitä vastaan kohtisuorassa suunnassa hyvin alhainen. Viulun edellä mainitun suuntaista lujuutta alentaa vielä viulun syiden murtuminen viulujen leikkauksen yhteydessä.

Normaalisti vaneri valmistetaan tasopuristimessa eräprosessina, jossa päällekkäin ladotut viulut ja liimakalvot puristetaan yhteen ja lämmitetään liiman polymeroitumiseksi. Levyn paksuus määräytyy käytettyjen raaka-ainekerrosten paksuuden perusteella. Valmistettavat vanerit ovat yleensä suorakaiteen muotoisia tasomaisia levyjä. Puristuksen jälkeen vanerilevyt viimeistellään ja leikataan oikean kokoiseksi.

Vanerin ominaisuudet

Vanerin ominaisuudet riippuvat erittäin paljon vanerissa käytetystä puusta ja vanerin rakenteesta. Suomalaisen normaalin vanerin käytössä on hyvä muistaa seuraavat keskeiset ominaisuudet (Puuproffa 2007):

- vanerit valmistetaan levyinä ja niiden dimensiot voivat vaihdella jonkin verran nimellispaksuudesta.
- vanerin tiheys vaihtelee käytettävästä puulajista riippuen.
- vanerit ovat painoonsa nähden erittäin lujia.
- vanerissa puun alkuperäiset hyvät ominaisuudet ovat tallella.
- vaneri ei halkeile kuten sahatavara, ruuvikiinnitys reuna-alueilta mahdollinen
- vanerit ovat pääosin puuta ja viulujen liimaukseen käytetään orgaanista polymeeripohjaista sideainetta, ja tästä johtuen ne ovat yleensä helposti palavia materiaaleja.
- vanerin liiman (fenolihartsin) formaldehydipäästöt ovat erittäin pienet ja ne alittavat tiukimmatkin kansainväliset vaatimukset (EN 1084 mukainen A-luokitus). (Metsäteollisuus ry 2005.)
- varsinkin ohuet vanerit saattavat käyristyä.
- vanerit ovat pääosin puuta ja puu absorboi helposti vettä, mikä vaikuttaa merkittävästi vanerin ominaisuuksiin.
- vanerin veden absorptio on voimakkaasti riippuvainen veden tulosuunnasta. Vanerin pintaa vastaan kohtisuoraan vettä absorboituu suhteellisen vähän ja viulujen väliset liimakerrokset toimivat kosteussulkuina. Vanerin poikkileikkauksen kohdalta vesi absorboituu helposti syiden suunnassa viiluihin. Tästä johtuu vanerin reunojen voimakas kosteuseläminen.
- voimakkaat kosteusvaihtelut aiheuttavat pintaviiluihin pieniä halkeamia.

Vanerilevyt leikataan haluttuun muotoon mekaanisella työstöllä. Vanerin rakenteesta johtuen mekaanisessa työstössä ovat omat ongelmansa. Vanerin tasopintojen haasteena ovat tason suuntaiset syyt, joiden keskinäinen tartunta perustuu puussa oleviin orgaanisiin sideaineisiin, ja lujuus tässä suunnassa on merkittävästi alhaisempi kuin puun lujuus syiden suunnassa. Vanerituotteissa vanerin leikkauspinnat tulee suojata, eikä tämä ole yksinkertainen toimenpide. Suurimpina ongelmina ovat vanerin leikkauspintojen kosteudenabsorptio, kahden eri rakenteen kombinaatio

ja vanerin paksuussuuntainen laajeneminen lämmön ja kosteuden vaikutuksesta. Vanerin kestomuovipinnoitusprojektin yhteydessä tehtiin lukuisia kokeita vanerin leikkauspinnan pinnoittamiseksi, mutta tulokset olivat enimmäkseen epätydyttäviä (Järvelä 2006.)

Vanerin pinnoitteet ja pinnoitusmenetelmät

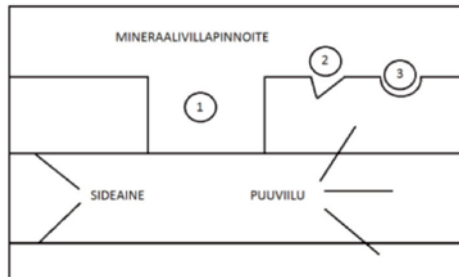
Yleistä pinnoittamisesta

Eri käyttötarkoituksiin valmistetaan pinnoitettuja tai pintakäsiteltyjä vanereita. Pinnoittamalla voidaan vaikuttaa esimerkiksi vanerin kestävyyteen sekä kitkaominaisuuksiin. Erilaisista pinnoitteista voidaan mainita esimerkiksi kuumapuristamalla kiinnitetyt kalvot, laminaattipinnoitteet sekä maalatut ja lakatut pinnat.

Vanerin pinnoitusmenetelmiä on monia erilaisia. Eräs vanerin pinnoituksen keskeinen tekijä on se, että vaneri koostuu useista puu- ja liimakerroksista. Vaneri säilyttää levymäisen muotonsa niin kauan kuin vanerin rakenne pysyy vanerin keskitason suhteen homogeenisena. Mikäli vanerin pinnoite, varsinkin jos se on paksuhko, muuttaa vanerin rakenteen keskitason suhteen epätasapainoon, niin tämä voi aiheuttaa pinnoitetun vanerin vääristymistä valmistuksen ja/tai käytön aikana. Tämä on myös otettava huomioon vanerin pinnoituksen yhteydessä. Riittävän ohuen pinnoitteen tapauksessa tätä vanerin vääristymistä ei tarvitse ottaa huomioon. Ohuita pinnoitteita saadaan esimerkiksi maalaamalla, lakkaamalla tai ohuilla kalvoilla. Ohuita kalvoista yleisin on paperilujitteeseen imeytetty fenoliformaldehydi, joka toimii samalla pinnan vedenläpäisevyyttä estävä kalvona. Vanerin maalaus tapahtuu yleensä täysin normaaleilla maalausmenetelmillä, joista esimerkiksi verhomaalaus on erittäin hyvä tasomaisten levyjen maalausmenetelmä. Ohuita kalvoja voidaan liittää vanerin pintaan myös laminoimalla, mutta onnistunut laminointi edellyttää laminoitavalta pinnalta hyvää tasaisuutta.

Mineraalivillapohjaisella kertamuovikomposiitilla pinnoitettu vaneri

Eräs merkittävä vanerin pinnoitusmenetelmä on pinnoittaa vaneri sopivalla seostetulla tai kuitulujitetulla kertamuovilla. Esimerkiksi mineraalivillapohjaisella kertamuovikomposiitilla on mahdollista pinnoittaa vaneri joko sen valmistusprosessin yhteydessä tai pinnoittamalla valmis vaneri omana prosessinaan. Vanerin ominaisuuksien ja valmistuksen taloudellisuuden kannalta paras tapa on yhdistää pinnoitus vanerin valmistukseen (Le Bell, Valjakka, Pirhonen, Sundén, Hautaniemi, Järvelä, Sandelin & Algiers 1991). Pinnoitusprosessi on esitetty kuvassa 1. Menetelmässä vanerin molemmille pinnoille asetetaan ennen viilujen liimaamista esipolymeroidusta tai kokonaan polymeroitumattomasta hartsista ja mineraalivillasta tehty pintakerros. On myös mahdollista, että vanerin pinnalle liimataan mineraalivillasta ja kertamuovihartsista valmistettu pintakerros, mutta tällöin ei saavuteta kaikkia pinnoittamisella saavutettavissa olevia etuja. Vanerin molemminpuolinen pinnoitus samanlaisella pinnoitteella on tärkeää, koska tällöin pinnoite ei saa aikaan prosessin tai käytön aikana vanerin vääntyilyä. (Le Bell et al., 1991.)



Kuva 1. Vanerin mineraalivillapinnoitteen (esimerkiksi vuorivillaseostettu fenoliharts) avulla vanerista voidaan valmistaa tasapaksu levy, koska pinnoite eliminoi paksuusvaihtelut. Pinnoite täyttää samalla erilaiset pintaviilussa olevat virheet: reiät (1), säröt (2) ja muut pintavirheet (3). (Järvelä & Järvelä 2014)

Pinnoitusprosessissa voidaan vaikuttaa seuraaviin seikkoihin:

- vanerin paksuus määräytyy siinä käytettyjen viilujen lukumäärän perusteella.
- pinnoitekerroksen paksuutta voidaan vaihdella käytetyn kuitumäärän ja pinnoitteen lopullisen paksuuden avulla.
- sideaineena voidaan käyttää perinteisiä kertamuoveja, kuten fenoliformaldehydi- ja ureaformaldehydihartsia.
- valittavan hartsin avulla voidaan vaikuttaa pinnoitteen ominaisuuksiin.
- käytettävän mineraalivillan avulla on mahdollista vaikuttaa pinnoitteen rakenteeseen ja ominaisuuksiin. (Le Bell et al., 1991.)

Mineraalivillapohjaisella kertamuovipinnoitteella on saavutettavissa seuraavia etuja:

- pinnoitus on mahdollista tehdä vanerin normaalin valmistusprosessin yhteydessä.
- erityisenä etuna on se, että vanerin viilujen liimauksessa ja mineraalivillan sideaineena käytettävän hartsin kovettumislämpötilat ovat samat.
- pinnoitteen sideaineena käytetään hartseja, joiden adheesio puuhun on erittäin hyvä.
- mineraalivillapinnoite peittää vanerin pintaviilussa olevat virheet.
- mineraalivillapinnoite on normaalisti mikrohuokoista materiaalia.
- mineraalivillapinnoitteen avulla on mahdollista tehdä vanerista valmistuksen aikana täysin tasapaksu levy, joten pinnoitteen avulla voidaan eliminoida vanerin paksuusvaihtelut.
- mineraalivillapinnoitteen paksuutta voidaan vaihdella käyttösovellusten vaatimusten mukaisesti.
- mineraalivillapinnoite alentaa vanerin palokuormaa ja parantaa vanerin palo-ominaisuuksia.
- mineraalivillakerroksen avulla voidaan myös korvata vanerissa olevia puuviiluja. (Le Bell et al., 1991.)

Kestomuovilla pinnoitettu vaneri

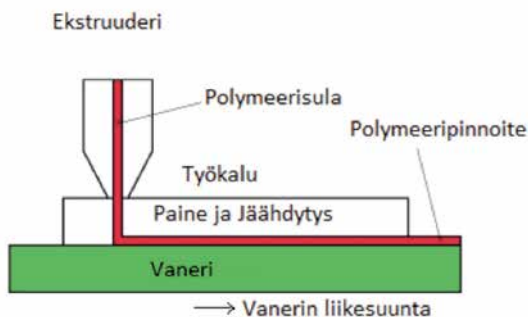
Menetelmässä sulaa kestomuovia johdetaan pinnoitusyksikön suuttimesta suoraan puulevyn pintaan, minkä jälkeen kestomuovi kiinteytyy ja kiteytyy osittain jäädytysosassa. Jähmettynyt kestomuovipinnoite liikkuu vasten jäädytysosaa, mikä estää pinnoitteen laajenemisen suuttimen jälkeen pinnoitettavaa puulevyn pintaa vastaan kohtisuorassa suunnassa. (Järvelä P.K. 1997.)

Pinnoitusmenetelmä perustuu pinnoitettavan materiaalin ja pinnoitteen perusominaisuuksiin. Puun rakenne on huokoinen ja pinnoitteen tartuntaa saadaan parannettua kasvattamalla pinnoitteen ja alustan välistä pinta-alaa. Rajapinnan pinta-alaa voidaan kasvattaa lisäämällä pinnoitteen tunkeutuvuutta puun huokosiin. Kestomuovipinnoitteen tunkeutuvuutta puun huokosiin saadaan kasvatettua alentamalla sen sulaviskositeettia. Sulaviskositeetti osakiteisillä kestomuoveilla pienenee lämpötilan kohotessa. Pinnoitusprosessissa kestomuovisulan lämpötila voidaan lyhyeksi ajaksi nostaa huomattavasti normaalia sulatyöstölämpötilaa korkeammaksi. (Tervala 1999.)

Muita kestomuovin ja puun välisen tartunnan (adheesion) edistämismenetelmiä ovat esimerkiksi puun tai muovin modifointi. Puuta ja muovia voidaan modifioida hapettavilla käsittelyillä, kuten korona-, liekki- tai otsonikäsittelyllä. Puu on jo valmiiksi poolinen materiaali ja hapettavat käsittelyt lisäävät sen hydrofiilisyyttä, minkä vuoksi adheesio poolittomiin muoveihin ei välttämättä parane. Hapetuskäsittelyt saavat kuitenkin aikaan paremmat kostutusominaisuudet sekä pinnan karhentumista, mitkä parantavat adheesiota pinnoitemuovin ja puun välillä. (Tervala 1999; Nykänen 2006.)

Muovin modifointiin voidaan käyttää myös kytKentäaineita, joilla pyritään muuttamaan muovin ja puun pinnat sellaisiksi, että niiden välille on mahdollista syntyä kemiallinen sidos. Puun pinnoittamisessa kestomuoveilla yleisimmin käytettyjä kytKentäaineita ovat maleiinihapon anhydridillä modifioitu polyproeeni (MaPP), maleiinihapon anhydridi (MA, MAH), polyeteeni-polyfenyyli-isosyanaatti sekä vinyylitris-2-metoksieoksisilaani (Tervala 1999; Nykänen 2006). Muita puumuovikomposiiteissa käytettäviä kytKentäaineita on esitelty laajemmin Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa tehdyssä kandidaatintyössä. (Sainila 2013.)

Tässä kestomuovia käyttävässä menetelmässä pinnoitus suoritetaan ekstruusiotekniikalla (kuva 2). Kestomuovisula yhdistetään puun pintaan mahdollisimman juoksevana, jolloin kestomuovin tunkeutuvuus puun huokosiin saadaan maksimoitua.



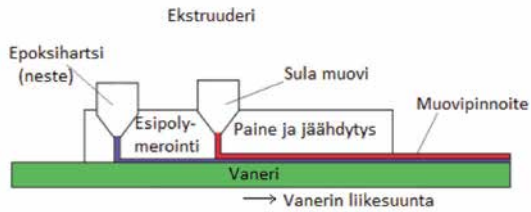
Kuva 2. Kaaviokuva puulevyn ekstruusiopinnoituslaitteistosta (Järvelä & Järvelä 2014)

Kestomuovi plastisoidaan normaalilla ekstruuderilla ja mahdollisten lisäaineiden sekoittaminen kestomuoviin voidaan tehdä erikseen esimerkiksi kaksiruuvisekoitusekstruuderilla tai hankkia valmiiksi kompaundoituja raaka-aineita. Ekstruuderista plastisoitu kestomuovisula johdetaan vanerin pintaan ilman ilmarakoa, jotta sula muovi ei pääse jäähtymään ennen kontaktia puun kanssa. (Järvelä P. K. 1997.)

Epoksihartsin käyttäminen primerina ja kosteuselämisen eliminoijana pinnoitettaessa vaneria kestomuovilla

Kosteudella on hyvin suuri merkitys puun ja vanerin käyttöön ja ominaisuuksiin, tämä tulee esille erityisesti puun pitkäaikaiskäytössä. Pienehköillä kosteuspitoisuuksilla puussa tapahtuu kosteuselämistä, mikä on puun suiden suunnassa pieni, mutta syitä vastaan kohtisuorassa suuri. Lisäksi kosteus pienentää lujuusominaisuuksia.

Lahden ammattikorkeakoulussa suoritetussa tutkimusprojektissa selvitettiin vanerin epoksihartsisiekäsittelyn vaikutuksia kestomuovin tartuntaan ja kosteuselämisen pienentämiseen ennen varsinaista pinnoitusprosessia (Järvelä P.A. 2006). Käytettävän epoksihartsin viskositeetin tulee olla alhainen, jotta se tunkeutuu puuviilussa olevien puusyiden väliin ja muodostaa näin puuviilun pintaan ohuen lujan kerroksen. Epoksihartsi voidaan ennen kestomuovipinnoitusta osittain polymeroida. Tällöin polymeroitumaton epoksihartsi parantaa epoksihartsin ja kestomuovin keskinäistä adheesiota. Kestomuovipinnoitteen prosessointilämpötila ja -aika on niin pitkä, että epoksihartsin polymeroituminen tapahtuu ekstruusiopinnoituksen aikana. Menetelmä on esitetty kaaviollisesti kuvassa 3.



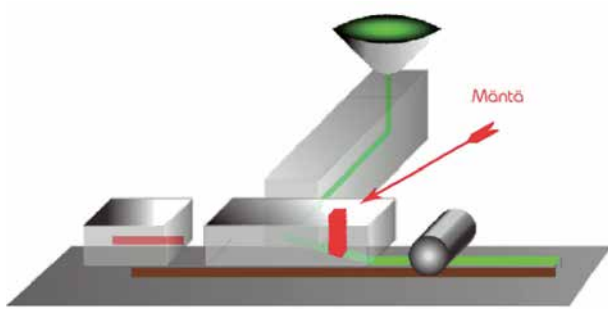
Kuva 3. Vanerin pinnan epoksihartsilla käsittely ennen kestumuvilla tapahtuvaa ekstruusiopinnoitusta (Järvelä & Järvelä 2014)

Edellä kuvatun pinnoitustekniikan tuloksena kestumuvipinnoitteen tarttuvuus vaneriin parantuu kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tulos on se, että epoksihartsin tunkeutuu vanerin pintaviiluun ja näin pinnoitteen ja vanerin välisen rajapinnan paksuus kasvaa ja pinnoitteen tarttuvuus vaneriin parantuu. Samalla myös kertamuovin tarttuvuus pintaan parantuu, sillä kestumuovin ei nyt tarvitse liimautua kiinni ja itse vanerin pintaan, vaan se sitoutuu vanerin pinnalla olevaan puukuitu/epoksi -rakenteeseen. Lisäksi epoksin ja kestumuovin tartuntaa lisää osittain polymeeroitumattoman epoksin ja kestumuovin polymeerirakenteen mahdolliset kemialliset reaktiot. (Nykänen 2006.)

Suoritettujen koeajojen ja testausten perusteella aiheesta jätettiin patenttihakemus, jonka Metsäliitto Osuuskunta lunasti ja haki eurooppalaista patenttia. Eurooppalainen patentti myönnettiin vuonna 2009 (Hillberg, J., Järvelä P.K. ja Järvelä P.A. 2009.)

Värähtelyn käyttö vanerin kestumuvipinnoituksessa

Vanerin ja kestumuovin välisen adheesion ja muovin tunkeuman parantamiseksi testattiin magnetostriktiivisen värähtelijän käyttöä tähän tarkoitukseen. Värähtelijän käyttöön liittyivät seuraavat hypoteesit: (1) kuidut, vanerin tapauksessa puun syyt, saadaan värähtelemään ja (2) kuitujen liike helpottaa pinnoitemateriaalin tunkeutumista (Honkanen 2006). Kaaviokuva värähtelijän sijainnista pinnoitusyksikössä on esitetty kuvassa 4. Värähtely kohdistetaan pinnoitteeseen heti sulanutua ekstruuderin suuttimesta muovin ollessa vielä sulatilassa. Prosessia voidaan tehostaa jossakin määrin nostamalla plastisoidun kestumuovin lämpötilaa juuri ennen ekstruusiopinnoitusprosessia. Tällöin kestumuovin viskositeetti alenee ja sen tunkeutuminen puun syiden väliin tehostuu.



Kuva 4. Periaatekuva värähtelijän käytöstä vanerin kestomuovipinnoituksessa. Möntä kuvaa värähtelijän paikkaa. (Honkanen 2006).

Värähtelyn vaikutusta kestomuovipinnoitteen ja vanerin väliseen adheesiolujuuteen testattiin nappivetokokeella (kuva 5). Värähtelyparametreja tutkittiin valmistamalla näytteitä, joihin oli tuotu pinnoituksen aikana männän avulla eri taajuisia värähtelyä. Taajuutta vaihdeltiin välillä 10–1000 Hz. Värähtelijälle syötettiin kolmen ampeerin vaihtovirtaa, mikä määräsi männän amplitudin. Mittaustulosten mukaan adheesiota parantava vaikutus saatiin 10 Hz:n värähtelyllä. (Honkanen 2006.)



Kuva 5. Nappivetokokeessa käytetty koekappale. (Honkanen 2006)

Tunkeumatarkastelua varten valmistettiin uudet koekappaleet, joissa tunkeumasyvyyttä tutkittiin 5–30 Hz:n värähtelyn alueella. Molemmissa tapauksissa havaittiin tunkeumasyvyyden lievää kasvua taajuuden kasvaessa. Puun syyn suunnalla ei ollut vaikutusta tunkeumasyvyyksiin (Honkanen 2006). Värähtelyn käytöstä jätettiin kotimainen patentihakemus ”Menetelmä pinnoitetun puutuotteen valmistamiseksi”. Tälle myönnettiin patentti vuonna 2008, ja patentin haltija on Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan laitos. (Hillberg, J. Järvelä P.K. ja Järvelä P.A. 2008.)

Vanerin reunan kestopuovipinnoitus ekstruusiotekniikalla

Vanerin reunan pinnoittaminen on melko suuri haaste. Käytännössä vanerin tasopinnat pinnoitetaan omalla prosessillaan ja vanerin reunan pinnoitus jää omaksi prosessikseen. Seuraavaksi on esitetty vanerin reunan pinnoittamiseen liittyviä haasteita:

- pinnoitus riippuu materiaalista, kuten vanerin raaka-aineista, vanerin tasopinnan pinnoitteesta ja reunapinnoitemateriaalista.
- vanerin reuna on epätasainen ja lisäksi osa siitä on puun syiden suuntaista ja osa puun syitä kohtisuorassa olevaa rakennetta.
- vanerin paksuus voi vaihdella riippuen vanerista ja sen pinnoitteesta.
- vanerin paksuus voi vaihdella käytön aikana ja tämä asettaa vaatimuksia reunapinnoitteen muodonmuutoskyvylle.
- reunapinnoitteen adheesio vaneriin, sen pitää olla riittävän hyvä.
- erityisen suuria vaatimuksia tulee silloin, kun vaneri joutuu kontaktiin veden ja erityisesti kuumien veden kanssa.

Lahden ammattikorkeakoulussa suoritetussa tutkimuksessa eräänä tavoitteena oli selvittää, kuinka syvälle muovimateriaali tunkeutuu vanerin reunassa ja onko muovin tunkeumassa eroa maalin tai epoksin tunkeumaan (Järvelä P.A. 2006). Lisäksi tavoitteena oli löytää vanerille sellainen suojaava kestopuovipohjainen pinnoite, mikä parantaa vanerin reunan mekaanisia ominaisuuksia sekä estää veden pääsyn vanerin rakenteeseen.

Tutkimuksissa käytettiin kolmea erilaista kestopuovia sekä epoksia ja maalia. Käytetyt kestopuovit olivat PP-MAH, SEBS-MAH ja EVA. Muovin viskositeetti ja viulun syysuunta olivat merkittävimmät muovin tunkeumasyytyteen vaikuttavat tekijät. Syysuunta oli merkittävin tunkeumaan vaikuttanut tekijä puun solukkorakenteen imiessä materiaalin putkiloihin tai estäessä tunkeutumisen soluseinien lävitse. Materiaalin viskositeetti oli toiseksi merkittävin tekijä, ne materiaalit, joilla oli alhaisin viskositeetti tunkeutuivat suuremman viskositeetin omaavia muoveja paremmin. (Tuominen 2005.)

Ekstruusiotekniikalla suoritettujen reunapinnoituskokeiden tuloksia tarkasteltiin eri tavoin. Pinnoituksen pinnanlaatua tutkittiin aluksi silmämääräisesti. Pinnanlaadulle ei ollut asetettu mittaria, mikä kertoisi riittävän hyvän pinnanlaadun saavuttamisesta. Pinnoista otettiin myös valokuvia, eikä niissä havaittu ilmakuplia tai muita epäjatkuvuuskohtia pinnoitteen sisällä. Pinnoituksessa käytetyt materiaalit olivat läpinäkyviä, mutta ne helposti läpivärjättävissä antaen mahdollisuuden tarvittaessa käyttää laajaa väriskaalaa. (Honkanen 2006.)

Adheesiolujuuksissa SEBS-MAH:lla ei päästy yhtä hyviin tuloksiin kuin PP-MAH -pinnoitteella. Adheesiotesteissä havaittiin puuviulun synn suunnalla olevan merkittävä vaikutus adheesiolujuuksiin. Viiluissa, joissa syyt olivat poikkisiin pinnoitetta vastaan, adheesio petti ensimmäisenä (Honkanen 2006). Reunapinnoitus vaatii vielä lisätutkimusta.

Lähteet

- Hillberg, J., Järvelä, P. K. ja Järvelä, P. A.. 2009. European Patent Specification EP 1 733 804 B1. Coated wood product and method for its manufacture. Metsäliitto Osuuskunta. European Patent Office.
- Hillberg, J., Järvelä, P. K. ja Järvelä, P. A.. 2008. Patenttijulkaisu FI 119546 B. Menetelmä pinnoitetun puutuotteen valmistamiseksi. Lahden ammattikorkeakoulu. Patentti- ja rekisterihallitus.
- Honkanen, H. 2006. Huokoisen materiaalin impregnointi. Materiaaliopin diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Materiaaliopin osasto.
- Järvelä, P. A.. 2006. Funktionaaliset ekstrudoitavat vanerin pinnoitteet (FEV-pinnoite). Projektin loppuraportti. Lahti. Lahden ammattikorkeakoulu.
- Järvelä, P. K. 1997. Patenttijulkaisu FI 100177 B. Menetelmä tuotteen pinnoittamiseksi. Patentti- ja rekisterihallitus.
- Le Bell, J., Valjakka, S., Pirhonen, J., Sundén, F., Hautaniemi, E., Järvelä, P.K., Sandelin, B., and Algars, R. 1991. United States Patent 5,059,472. Multi-Ply Wood Product. Oy Partek Ab. The United States Patent and Trademark Office.
- Metsäteollisuus ry. 2005. Vanerikäsi kirja [viitattu 25.2.2014]. Saatavissa: <http://www.metsateollisuus.fi/mediabank/479.pdf>
- Nykänen, S. 2006. Polymeeripohjainen kosteussulku. Materiaalitekniikan diplomityö. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Materiaalitekniikan osasto.
- Puuproffa. 2007. Vanerit [viitattu 25.2.2014]. Saatavissa: http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com_frontpage&Itemid=197
- Sainila, T. 2013. Kytentäaineet puumuovikomposiiteissa. Kemianteeniikan kandidaatintyö. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta, Kemianteeniikan koulutusohjelma, Kuitu- ja paperitekniikan laboratorio.
- Tervala, O. 1999. Vanerin pinnoittaminen kestopuuvilla. Materiaalitekniikan lisensiaattitutkimus. Tampere. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Materiaalitekniikan osasto, Muovitekniikan laboratorio.
- Tuominen, T. 2005. Polymeerimateriaalin tunkeutuminen huokoiseen materiaaliin. Muovitekniikan oppinätetyö. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala.

Jari Suominen

CASE: 3D-VIILU

Tiivistelmä

Artikkelissa käsitellään puutuotteiden muotopuristusta ja erityisesti menetelmiä sekä materiaaleja, joiden avulla on mahdollista valmistaa 3D-muotopuristeisia. Markkinoilla on joitakin 3D-viiluja. Puutuoteteollisuus on käyttänyt niitä tuotteissa, joita ei tavanomaisilla materiaaleilla ole pystytty valmistamaan. Kyseisillä tuotteilla on omat rajoitteensa, joita Lahden ammattikorkeakoulun puutekniikan projektit ovat pyrkineet ratkaisemaan ja kehittämään niihin uusia ratkaisumalleja. Tätä ongelmakenttää pyrki osaltaan ratkaisemaan vuosina 2008–2010 toiminut TERMO-projekti. Sittemmin aihealueen tutkimustyötä on jatkettu Puuri-projektin osaprojektina, jonka tarkoituksena oli pureutua TERMO-projektissa havaittuihin ongelmiin ja etsiä niille uusia ratkaisumalleja. Tässä artikkelissa esitellään uusi 3D-viilu, kerrotaan sen syntyvaiheista ja siitä, miksi on päädytty kyseiseen ratkaisumalliin. 3D-viiluun liittyvää tutkimusta jatketaan Puuri-projektin päättymiseen saakka. Toivottavasti vielä senkin jälkeen kehitystyötä viedään eteenpäin jossakin toisessa muodossa.

Avainsanat: Muotopuristus, huonekalu, 3D-viilu, TERMO, PUM, Puuri

Taustaa

Kotimaisella huonekaluteollisuudella on vahvat perinteet ja osa teollisuudesta on kehittynyt kansainvälisillä markkinoilla toimiviksi yrityksiksi. Menestyminen globaaleilla markkinoilla on vaatinut yrityksiltä korkeatasoista muotoiluosaamista ja keskittymistä yritysten ydinosaamisalueisiin. Hyvänä esimerkkinä toimii kotimainen muotopuristusosaaminen, joka toi kansainvälistä menestystä jo Alvar Aallon elinaikana. Nykyisin kotimaista osaamista edustaa muun muassa Huonekalutehdas Korhonen Oy, jonka osaaminen juontaa juurensa Alvar Aallon kanssa tehdystä yhteistyöstä. Muotopuristeiden valmistusprosessi on yksi vanhimpia ja käytetyimpiä tuotantomalleja, joita huonekaluteollisuus käyttää 2- ja 3D-muotoiltujen osien valmistuksessa. Viilutettujen puuosien valmistusta ei ole pystytty modernisoimaan, vaan se on edelleen hyvin käsityövaltaista.

Taivutettavien puuosien valmistuksella on hyvin suuri merkitys kotimaisen huonekaluteollisuuden kilpailukyvyllä. Huonekalumallistot kehittyvät jatkuvasti ja uusiutuvat yhä nopeammalla syklillä. Muotoilun osuus kasvaa yhä tärkeämmäksi kilpailutekijäksi uusia tuotteita markkinoille lanseerattaessa. Nykyiset tuotantomallit ja valmistusmenetelmät eivät sovellu riittävän kustannustehokkaasti tuotemallistojen nopeutuneisiin kiertoaikoihin ja massasta erottuvien tuotteiden valmistukseen. Huonekalualan jalostusarvo oli vuonna 2012 huonekaluteollisuuden toimialaraportin mukaan 706 miljoonaa euroa, josta huonekalujen valmistuksen osuus on noin puolet. (Loukasmäki 2013.)

Muotopuristuksen kehittämistyö aloitettiin Lahden ammattikorkeakoulun sisäisenä esiselvityksenä, tarkoituksena kehittää huonekaluteollisuuden yleisesti käyttämiä muotopuristeiden valmistusmenetelmiä. Ajatus uuden tuotantoteknologian syntymiseen muodostui etsittäessä ratkaisumalleja muotopuristusprosessien automaatioasteen nostamiseen. Uusien tuoterakenteiden mahdollisuudet tunnistettiin jo ensimmäisten koepuristuksien jälkeen, jonka jälkeen esiselvityksen resurs-

sit kohdennettiin materiaalien kokeelliseen tutkimiseen. Valmistusprosessien automatisointiin voidaan siirtyä vasta, kun valmistusmenetelmä on ”kypsä” siirrettäväksi teollisuusympäristöön.

Esitutkimuksessa saadut tulokset ja kokemukset uusista tuoterakenteista sekä niiden valmistusmenetelmistä vakuuttivat niin, että menetelmälle haettiin patenttia Lahden ammattikorkeakoulun nimissä. (Suominen 2007.)

Muotopuristus

Kaluste- ja huonekaluteollisuudessa käytettävät muotopuristeet voidaan yleisesti jakaa kahteen ryhmään 2D- ja 3D-tuotteisiin. Tuotteissa, joissa viilut on ladottu syiden suuntaisesti, voidaan puhua 2D-puristuksesta. Tällöin viilut liikkuvat limittäin toisiinsa nähden, kun muotti puristetaan kiinni. Viiluihin ei kohdistu suuria poikittaisia eikä pitkittäisiä jännityksiä. Kyseisellä menetelmällä hyödyntämällä muotopuristeita pystytään valmistamaan kohtuullisen yksinkertaisilla menetelmillä, kuten kuvasta 1 käy ilmi. 2D-puristuksella voidaan käyttää myös yksipuolisia muotteja, joissa toinen muotti korvataan kiristettävällä teräspannalla. Tämä sopii vain tiettyihin kaareviin muotoihin. 3D-tuotteet vaativat monimutkaisempaa muottitekniikkaa ja siihen erityisesti suunniteltuja viiluja, joita käsitellään artikkelissa myöhemmin.

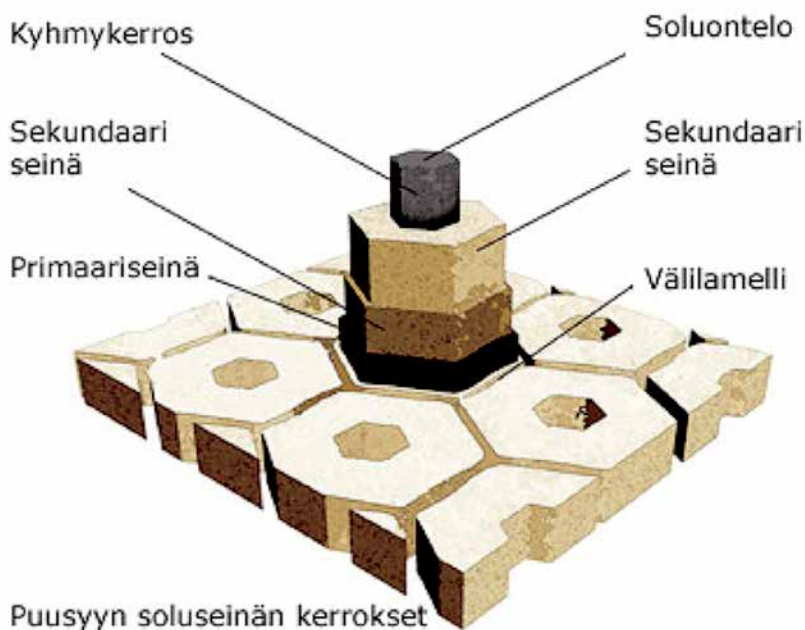


Kuva 1. Yksinkertainen 2D-muotopuristusmuotti (Jari Suominen 2014)

Muotopuristuksessa käytetyt viilut

Muotopuristuksessa käytetyt viilujen paksuudet liikkuvat yleensä välillä 0,6 ja 1,5 mm. Pintaviiluina käytettävät viilut ovat hyvälaatuisia ja virheettömiä. Pintaviilujen käytetyt paksuudet ovat useasti vaihteluvälin alarajalla 0,6 mm tai sitäkin ohuempia. Ohuempi paksuus pintaviiluissa antaa paremman lopputuloksen niiden ollessa joustavampia ja siten myös parempia taivutusominaisuuksien suhteen.

Puun venymiskykyyn vaikuttaminen on hankalaa sen monimutkaisen rakenteen vuoksi. Puun venymä syiden suunnassa riippuu mikrofibrillikulmasta, joka vaihtelee soluseinämässä lamelleittain (kuva 2). Tämän vuoksi venymää ei ole saatu kasvatettua sanottavasti lämmön avulla eikä myöskään kemiallisilla menetelmillä.



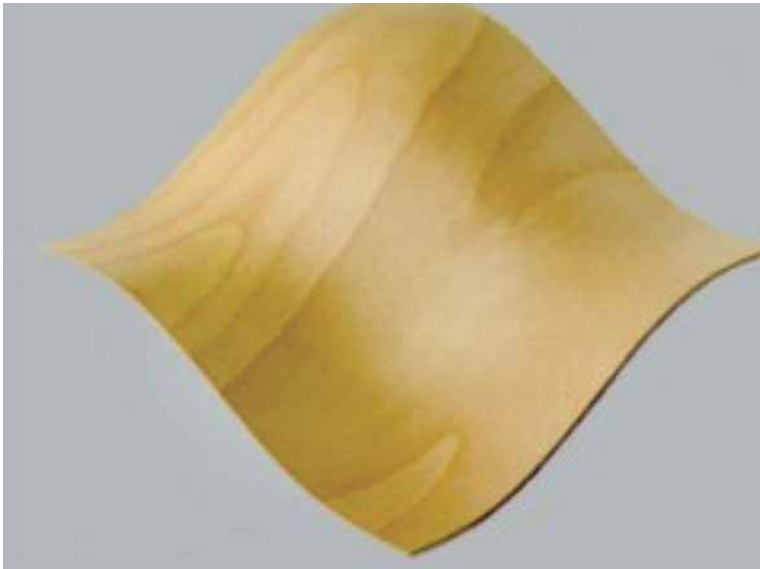
Kuva 2. Havainnekuva puun mikroskooppisesta rakenteesta (PuuProffa 2014)

Muotin muodosta riippuen, viilujen yläpintaan syntyy vetojännitystä ja alapuolelle puristusjännitystä. Mitä voimakkaampia muotoja tavoitellaan, sitä suurempia ovat jännitykset. Koivuviilujen venymiskyky on 2–3 %:n luokkaa, kun taas puristuma voi olla 10-kertainen ilman näkyvää muutosta viilun pinnassa, mikäli se saa sopivasti tukea muotista. Teknisesti ongelma ratkaistaan taivuttamalla viilunippua siten, että se ei pääse venymään ja muotin sulkeutuessa hyödynnetään puun kasaan puristumista. Voimakkaampien muotojen osalta joudutaan käyttämään muottitekniisiä ratkaisuja etenkin silloin, kun muotin muodot ylittävät viilun murtorajan. Kuvassa 3 nähdään lopputulos, kun voimakasta 3D-muotoa yritetään valmistaa tavallisilla käsittelemättömillä viiluilla.



Kuva 3. Epäonnistunut 3D-muotopuriste (Danzer Deutschland GmbH 2014)

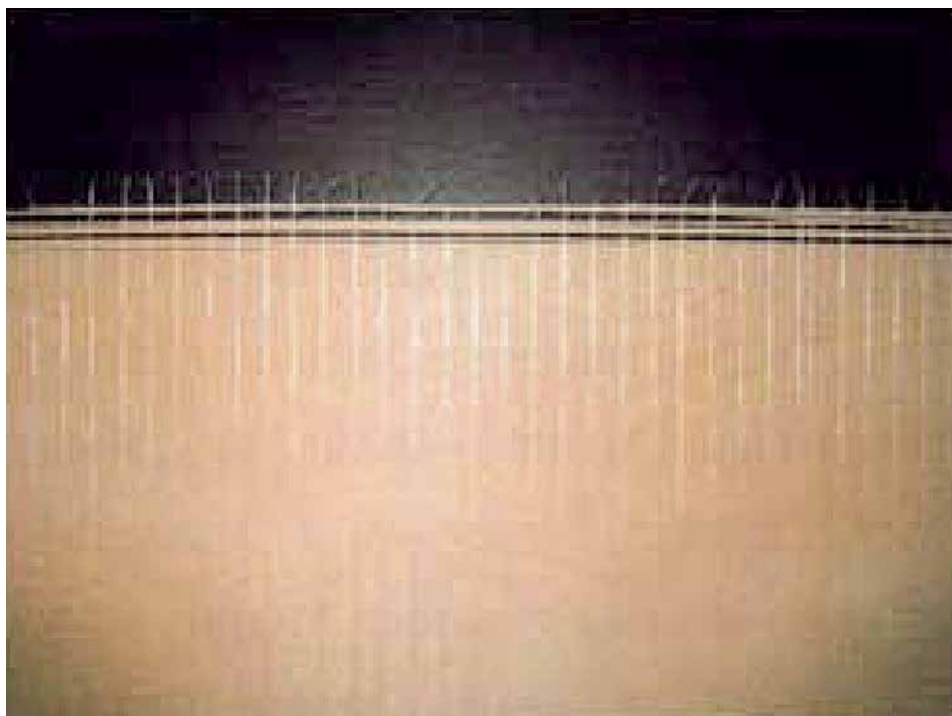
3D-viilulla tarkoitetaan teknistä viilua, jota on modifioitu jollain tavalla tai se koostuu monista suikaleista tai sen rakennetta on vahvistettu esimerkiksi tukiharsolla. Yhteistä niille kaikille on, että niiden ominaisuuksia on muokattu siten, että viilut muovautuvat tavanomaisia viiluja paremmin 3D-muotoihin. Kuvassa 4 nähdään haluttu lopputulos, jossa on hyödynnetty Rehholz 3D-viilua.



Kuva 4. Onnistunut 3D-muotopuriste (Danzer Deutschland GmbH 2014)

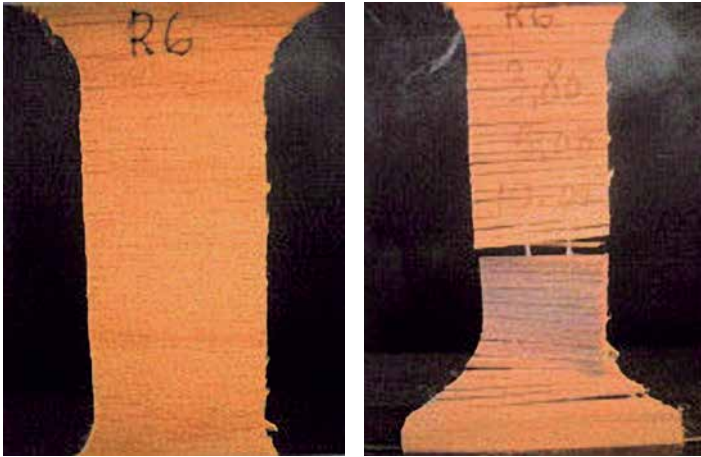
Markkinoilla olevia 3D-viiluja

3D-viiluista yksi tunnetuimpia on varmasti Saksalainen Reholz, joka muutti nimensä vuonna 2013 Danzer Deutschland GmbH:ksi. Reholzin 3D-viilu muodostuu kapeista 1,15 mm pak-suista viilusäleistä, jotka ovat liitetty yhteen ristiin liimatuilla liimalangoilla (kuva 5).



Kuva 5. Reholzin 3D-viilu (Malinen 2006)

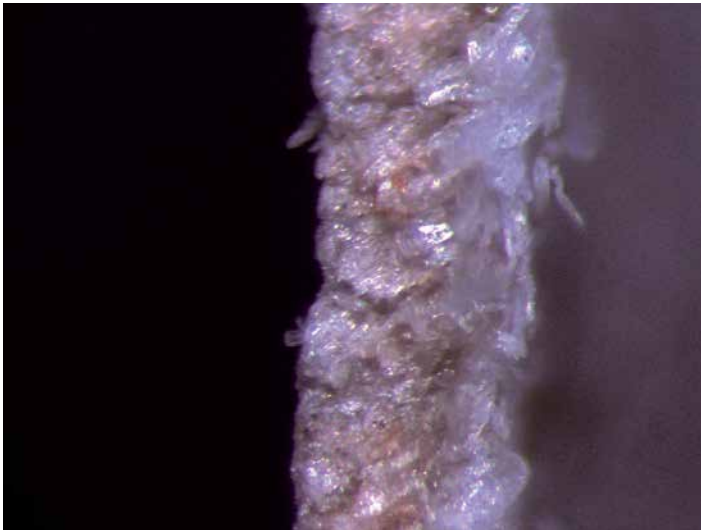
Malinen on tutkinut vuonna 2006 Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa muotopuristusta ja erityisesti 3D-muotojen puristamista. Tutkimuksessa Reholzin 3D-viilulle saatiin murtovenymäprosentiksi 5,4 (Malinen 2006). Kuvassa 6 vasemmalla viilun murtovenymä ennen murtumispistettä on 5,4 % ja oikealla tilanne rikkoutuneesta kappaleesta, josta erottuvat hyvin erillään olevat viilusäleet.



Kuva 6. Reholzin 3D-viilu venytystestissä (Malinen 2006)

Richter Fleece

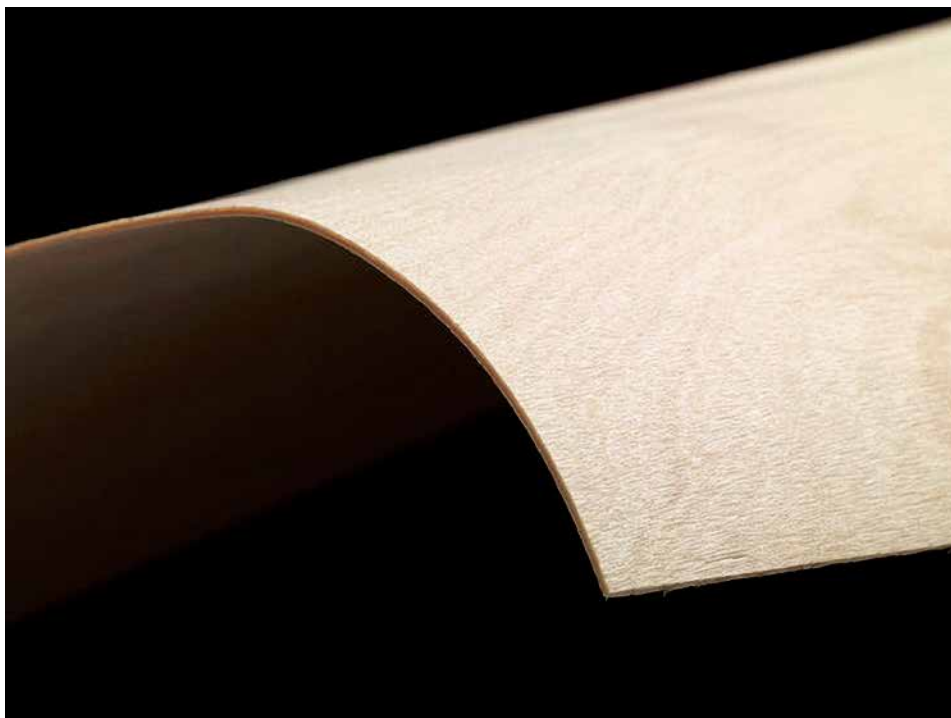
Richter Fleece on harsovahvistettu viilu, jota voidaan käyttää esimerkiksi 3D-viiluna. Kyseisen viilun valmistaja on Richter Furniertechnik GmbH & Co. KG, jonka suomalaisena maahantuojana toimii Ramport Oy, josta käytetään myöhemmin nimitystä Ramport fleece. Vastava harsovahvistettu viilu löytyy tuotenimellä fleece'n'flex, jonka valmistaja on Schorn & Groh GmbH. TERMO-projektin testeissä käytettiin Ramportin maahantuomaa harsovahvistettua viilua. Mikroskooppikuvasta 7 näkyy viilun oikealla puolella ohut viilua tukeva harsokerros, kuvan suurennuskerroin on noin 30.



Kuva 7. Suurennos Richter Fleece -viilun rakenteesta (Jari Suominen 2014)

KoskiPly 2ply ja 3ply pe

KoskiPly 2ply ja 3ply pe -ohutviiluvaneri koostuu kahdesta ristiin liimatusta ohuesta viilusta, jotka on liimattu yhteen polyeteenikalvolla. Joustava kalvo myös tukee ohutviiluvaneria ja auttaa sen taipumista 3D-muotoihin. Ohutviiluvaneria valmistetaan myös kolmella viilulla, jolloin rakenteessa käytetään kahta polyeteenikalvoa ja pintaviilut ovat samansuuntaisia (kuva 8).



Kuva 8. KoskiPly 2ply (Koskisen Oy 2014)

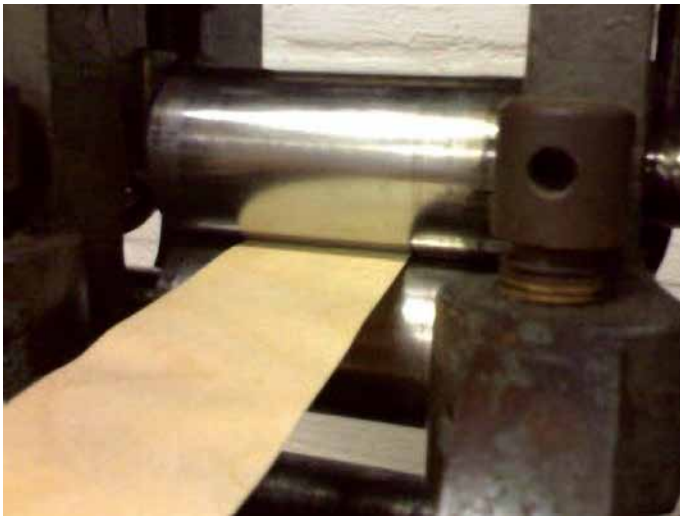
Itse valmistetut erikoisviilut

Itse valmistettu erikoisviilu saatiin aikaiseksi liimaamalla lasikuituverkko kahden ristiin liimatun viilun väliin. Erikoisviilu on kehitysversio pintanahasta, jota huonekaluteollisuus käyttää tiettyjen muotopuristevalmisteiden yhteydessä (Backman 2008). Poikkeuksena on, että lasikuituverkko on tutkimusryhmän omaa tuotekehitystä. Kuvasta 9 käy selville pintanahan rakenne, eli kaksi samansuuntaista pintaviilua, joiden väliin on liimattu lasikuituverkkovahvistus.



Kuva 9. Lasikuituvahvistetun pintanahan rakenne (Jari Suominen 2014)

Toinen itse valmistettu erikoisviilu oli kalanteroinnilla käsitelty koivuviilu. Kalanterointikäsitellyssä viilu ajetaan pyörivien teräsrullien läpi, kuten nähdään kuvasta 10, tarkoituksena murskata puun solurakenne. Kalanteroinnilla saadaan puristettua 0,6 mm koivuviilu 0,3 mm:n paksuuteen. Tämän erikoisviulun oletuksena on, että kalanterointi murskaa puun solukkoa ja venymää tapahtuisi muokatussa solukossa, eikä puu murtuisi samalla tavalla kuin käsittelemätön koivuviilu.



Kuva 10. Koivuviilun kalanterointi (Patrikainen 2010)

Tutkimuksiin otettiin mukaan tavallista 0,6 mm:n koivuviilua eri kosteuksissa, puusepäнкуivan eli 5–7 %:n kosteudessa olevan koivuviilun toimiessa referenssikappaleena.

Viilujen venymän testimenetelmä

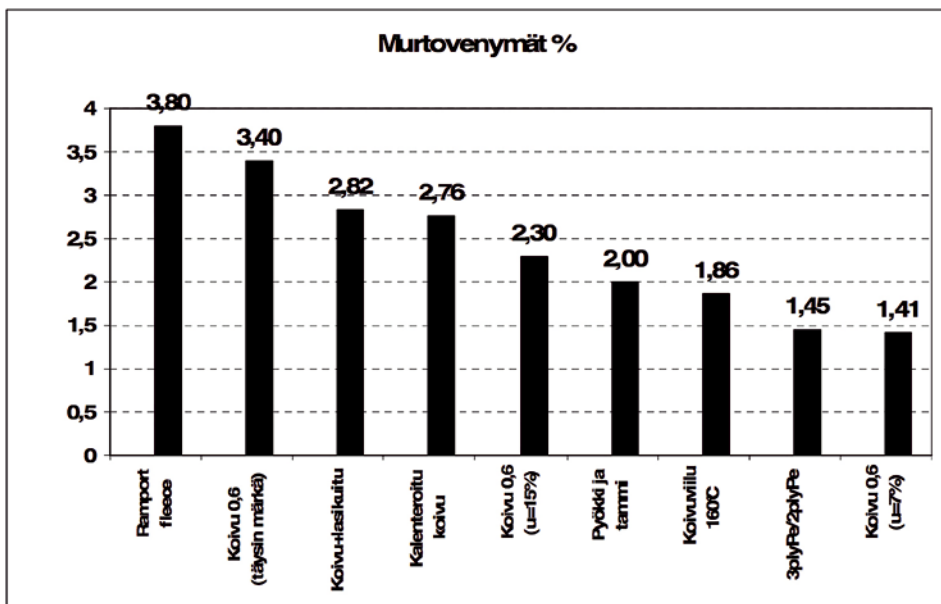
Viilujen venymän testaamiseksi oli kehitettävä uusi testimenetelmä. Kehitetty testimenetelmä hyödyntää Termo-levyn rakennetta. Vetosauvoja varten valmistetaan 4 mm:n abs-levyistä 170 mm pitkiä 20 mm leveitä sauvoja, joiden pintaan liimataan testattavat viilut poikittain syysuuntaan nähden. Sauvat kavennetaan keskeltä 9 mm:n levyisiksi, jotta venymä kohdistuu halutulle alueelle. Sauvojen keskiosaan on merkitty 50 mm:n mittaväli, joka mitataan testin päätyttyä. Vetokoe suoritetaan Alwetron TCT50-aineenkoestuskoneella siten, että vetosauvaa venytetään hitaasti (0,1 mm/s), kunnes viilun pinnassa näkyy silmin nähtävä murtuma. Tämän jälkeen mitataan mittaväli uudelleen ja tästä lasketaan prosentuaalinen murtovenymä. Kuvassa 11 näkyy, miten koivuviiluun on tullut näkyvä murtuma (Patrikainen 2010.)



Kuva 11. Koivuviilulla pinnoitettu vetosauva murtuman jälkeen (Patrikainen 2010)

Testitulokset

ABS-ydinmateriaalin ja koivuviulun välinen, hieman joustava liimasauma tasaa viulun venymistä, minkä vuoksi tulokset ovat hieman parempia kuin kirjallisuuslähteissä mainitut vertailuarvot. Parhaiten venytystesteissä menestyi Ramport fleece. Materiaali on tasalaatuista ja viilut murtuivat tasaisesti. Fleece-taustaharso ja joustava liimasauma tasaavat viulun venymistä, jolloin tämän rakenteen venymiskyky oli muita suurempaa. Yli PSK-pisteen oleva koivuviilu sai seuraavaksi parhaat tulokset, mutta tässä vaihtoehdossa tulevat eteen käytännön ongelmat muotopuristuksen ja liimattavuuden osalta. Lasikuituverkolla vahvistettu pintanahka sai myös hyvät tulokset, kuten kalanteroitu koivuviulukin (kuva 12). Muilla vaihtoehdoilla ei saavuteta riittävää parannusta, jotta ne muodostuisivat realistisiksi vaihtoehdoiksi. Toki normaaleissa muotopuristuksen ongelmatuotteissa nekin voivat tuoda helpotusta onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi.



Kuva 12. Vertailu viilojen venymiskyvystä (Patrikainen 2010)

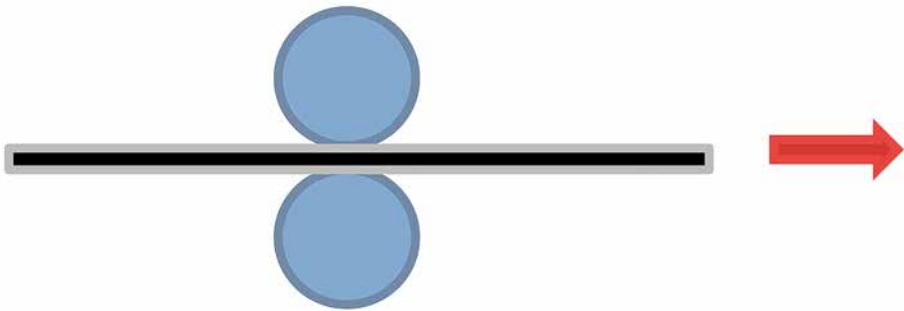
Uusi 3D-viilu

3D-viulun kehittämistarve käy hyvin selväksi edellä mainittujen tuloksien valossa. Voimakkaampien 3D-muotojen rajoittavana tekijänä on pintaviilu, jonka venymiskyky on ratkaiseva tekijä. Jotta voimakkaampia 3D-muotoja voitaisiin hyödyntää muotopuristeiden tai puuviilupintaisten komposiittituotteiden muotopuristuksessa, on kehitettävä pintaviilu, jolla saavutetaan parempi venyvyys kuin edellä mainituilla vaihtoehdoilla on saatu aikaiseksi.

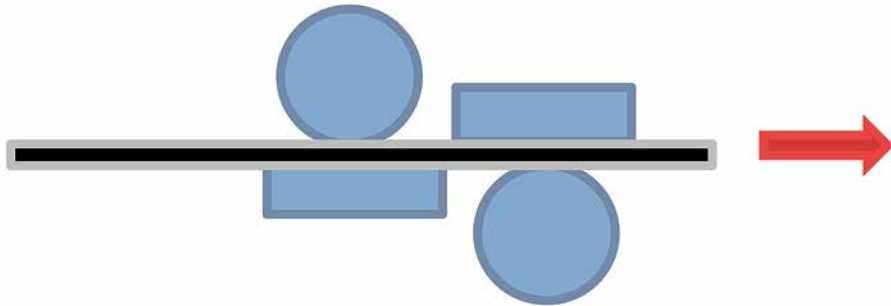
Ajatus uudenlaisen rakenteen syntymiseen lähti Termo-levyjen rakenteesta, mutta toteutettuna siten, että ydinmateriaalina ei käytetä termoelastista kestumuovia, vaan se korvataan joustavalla elastomeerilla tai vastaavalla joustavalla ydinmateriaalilla. Toisena vaihtoehtona oli valmistaa

3D-viilu siten, että ydinmateriaali muodostuu samasta aineesta, jota käytetään viilujen liimaamiseen. Yhteisenä tekijänä näille molemmille rakenteille on niiden joustavuus ja muovattavuus kylmänä, eli niiden muovautuvuus ei vaadi erillistä kuumennusvaihetta, kuten Termo-levyjen valmistuksessa.

Lähtökohta 3D-viilujen valmistukselle oli tehdä pintaviilujen kuviointiin kalanterointilaitte, joka toimii läpisyöttöperiaatteella. Telat on kuvioitu ja teroitettu siten, että ne leikkaavat 3D-viilun pinnan rikki ja jättävät joustavan ydinosaan ehjäksi, jolloin 3D-viilusta muodostuu joustava rakenne. Alla olevat kuvat 13 ja 14 esittävät kaksi eri toimintaperiaatetta laitteiston rakenteesta. Näistä jälkimmäisellä vaihtoehdolla eli kahdella telalla ja kahdella syöttöpöydällä toimiva laitteisto takaa paremman säädettävyyden, jolloin päästään vaikuttamaan molempien pintojen leikkaussyvyyteen.

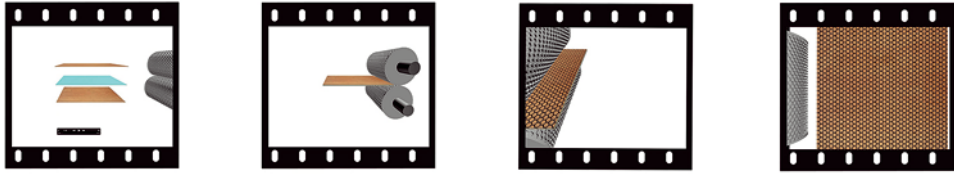


Kuva 13. Havainnekuva kaksitelaisesta kalanterointilaitteistosta (Jari Suominen 2014)



Kuva 14. Havainnekuva kaksitelaisesta kahdella säätöpöydällä varustetusta kalanterointilaitteistosta (Jari Suominen 2014)

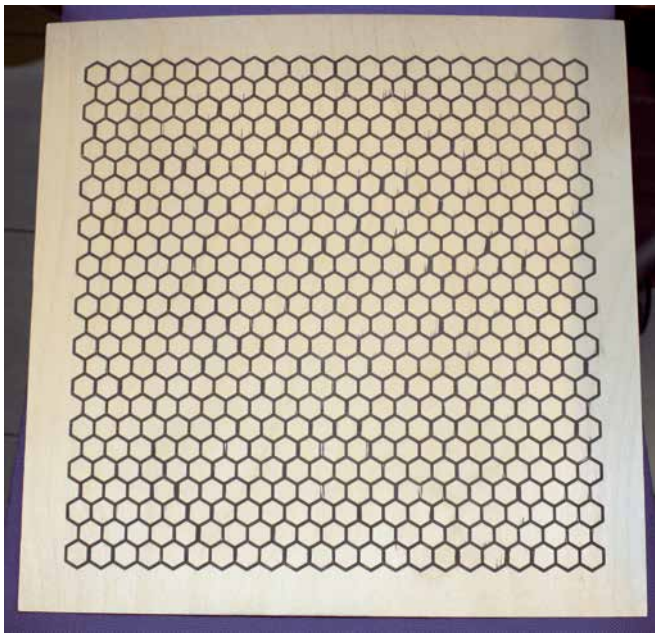
Kalantointilaitteiston kehittämiseen ei ollut varauduttu budjetin laadinnan yhteydessä, joten siihen ei ollut resursseja. Päädyimme kuitenkin mallintamaan laitteiston toiminta-animaation avulla. Laitteisto ja sen toimintaperiaate selviävät kuvasta 15.



Kuva 15. Kalanterointilaitteiston toimintaperiaate (Markus Juntunen/Jari Suominen 2014)

3D-levy

Ensimmäisiä kokeiluja tehtiin käytössä olevilla teknologioilla, päädyimme perinteiseen puun lastuavan työstön menetelmiin. Tämän rakenneversion ensimmäiset kokeilut tehtiin 6 mm:n koivuvanerille. Tässä vaiheessa kuvion halkaisija oli suurempi ja se tehtiin CNC-jyrsimellä, käyttämällä 3 mm:n tappiterää. Kuvio jyrsittiin hieman yli puolenvälin ja urat täytettiin polyuretaanimassalla. Massan kuivumisen jälkeen levy jyrsittiin vastaavalla kuviolla toiselta puolelta siten, että uran syvyys ylettyi vastapuolen massaukseen saakka. Tämän jälkeen urat massattiin levyn pinnan tasolle. Levyt vaativat vielä kevyen hionnan, jotta massa saadaan poistettua levyn pinnasta, kuva 16. Kehitystyön tässä tapauksessa ei voitu vielä puhua 3D-viilusta vaan taipuisasta levystä.

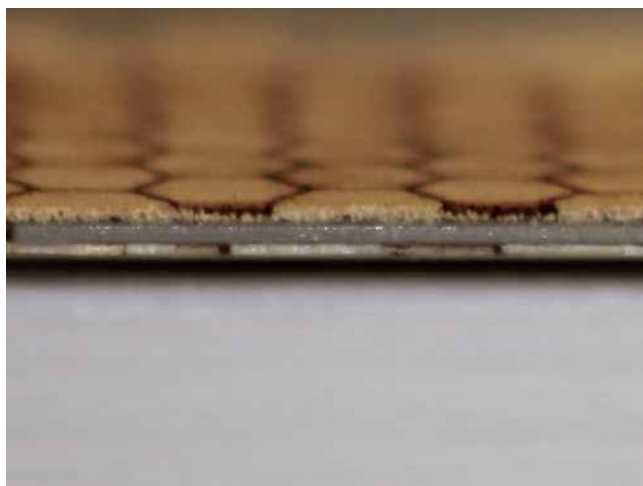


Kuva 16. Ensimmäisiä testilevyjä 3D-levystä (Jari Suominen 2014)

3D-levyn ominaisuuksista saatiin hyvä käsitys. Levy on erittäin joustava ja taipuisa. Levyn keskeltä painamalla levyn keskiosa painuu 20–30 mm sisään ilman suurta voiman tarvetta. Levyn kehitystyö jatkuu, vaikka tässä artikkelissa keskitytään käsittelemään vain 3D-viiluja. Kehitystyön tarkoituksena on suurentaa kuvion kokoa noin 50–70 mm:n kokoluokkaan sekä tehdä muutoksia levyn valmistusprosessiin.

3D-viilu (PU)

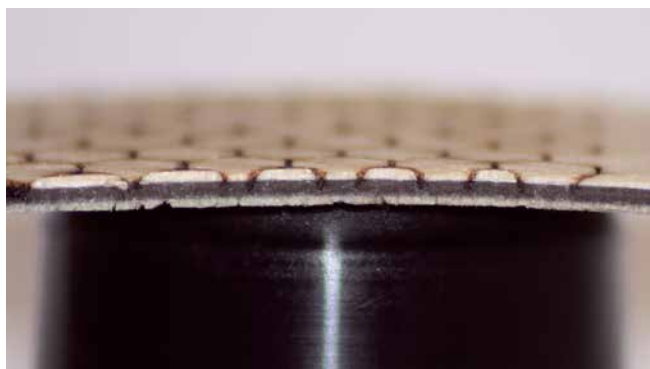
Viilun rakenne on tehty liimaamalla 0,6 mm:n koivuviilut 2 mm polyuretaanilevyn molemmille pinnoille. Liimausten kuivuttua 3D-viilu voidaan leikata auki, eli pintaviilujen kuvio leikataan laserleikkurilla auki. Laserin tehonsäätö asetetaan siten, että leikkaussyvyys menee viilun läpi, mutta ei riko ydinmateriaalia kuin hieman pinnasta. Tämän jälkeen levy käännetään ja toistetaan edellinen vaihe. Lopputulos näkyy kuvassa 17.



Kuva 17. 3D-viilu liimattuna PU-levyn pintoihin (Jari Suominen 2014)

3D-viilu (uretaanimassa)

Viilun rakenne on tehty levittämällä uretaanimassaa 0,6 mm koivuviilujen väliin. Puristus tapahtuu levypuristimella, jonka väliin on asetettu levyn maksimipaksuuden mukaiset rajoittimet. Liimauksen kuivuttua 3D-viilu voidaan leikata auki, eli pintaviilujen kuvio leikataan laserleikkurilla auki. Ydinmateriaalin paksuus kuvan 18 esimerkissä on noin 1 mm.



Kuva 18. 3D-viilun rakenne, levyn ydinmateriaalina polyuretaanimassa (Jari Suominen 2014)

Muotopuristekokeilu

Projektille hankittiin leasingsopimuksella pieni laserleikkuri, joka saatiin käyttöön vasta vähän aikaa sitten. Siksi suuremman mittakaavan muotopuristuskokeilut on tehty lähes samanaikaisesti tämän artikkelin kirjoittamisen kanssa. Onneksi aikaisempaa kehitystyötä ja testiajoja on päästy tekemään laitteistoja maahantuovan yrityksen tiloissa. Kuvassa 19 on ensimmäisiä laserleikat-
tuja täysmittaisia levyjä. Levyjen leikkaus onnistuu hyvin ja lopputulos on odotetun kaltainen.



Kuva 19. Ensimmäinen täysikokoinen 3D-viilu (Jari Suominen 2014)

Laserleikkurin koko määrittelee, minkä kokoisia levyjä pystytään valmistamaan. Suurempien levyjen valmistamiseksi tarvitaan tehokkaampi läpisyöttöinen malli. Tehokkaampia laserleikkureita on kyllä olemassa, mutta niiden hankintahinta on huomattavasti korkeampi, eikä sellaista saatu sovitettua Puuri-projektin budjettiin. Tutkimuksen kannalta projektille hankittu pienempikokoinen malli on aivan riittävä; sillä saadaan tehtyä 3D-viilun koekappaleita ja tutkittua niiden ominaisuuksia. Valmistettujen koekappaleiden perusteella voidaan sanoa, että uusi 3D-viilu on joustava ja helposti muovautuva. 3D-viilun tuntuma on kuin käsittelisi pehmeää kumilevyä, mutta kuitenkin sen pinta tuntuu koivuviilulta.

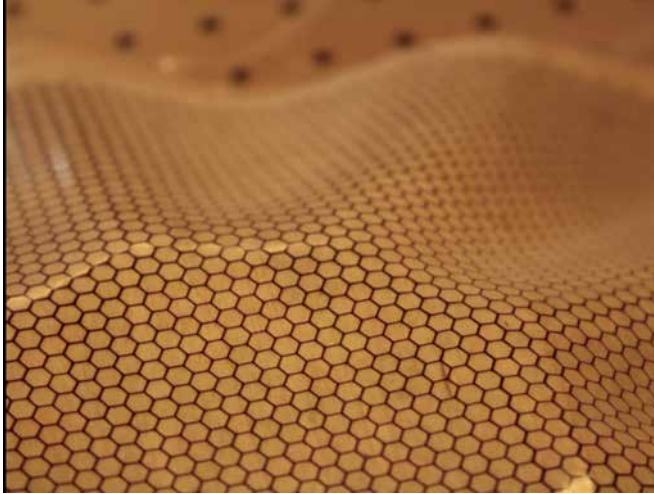
Muovituotteiden muovauksessa käytetään yleisesti alipainetekniikkaa. Se soveltuu myös hyvin 3D-viilun muovautuvuuden testauksiin. TERMO-projektin yhteydessä rakennettiin kuvan 20 mukainen alipaineella toimiva tyhjämuovauslaitte. Laitteisto muodostuu alipainepumpusta, imulaatikosta ja silikonimatosta, joka jännittyy alipaineen avulla puristettavan kappaleen päälle. Muoto saadaan vastamuotin avulla, jota vasten viilu imetään alipaineen avulla (kuva 20).



Kuva 20. Puulaboratorion tyhjömuovauslaite (Patrikainen 2010)

3D-viulun venyvyyttä ja taipuisuutta testattiin hyödyntämällä aikaisemman tutkimuksen kohteena ollutta muottia, jota oli tarkoitus käyttää Termo-levyjen valmistukseen. Muoto oli kyseisiin kokeiluihin liian jyrkkä, joten koepuristukset eivät onnistuneet. Tämän johdosta testeihin valittiin kuvassa 20 oleva helpompi muotti, jossa siinäkin oli haasteita, mutta myös onnistumisia.

Nyt yritettiin samaa muotoa uudelleen; sitä ei saatu vuonna 2010 onnistumaan TERMO-projektiin koepuristuksissa. Huomion arvoista tässä kokeilussa oli, että 3D-viilu mukautui muotin muotoihin helposti. Tästä kokeilusta jäi sellainen tuntuma, että 3D-viilu taipuu vielä huomattavasti vaativimpiin muotoihin. Kuvasta 21 pystyy hahmottamaan, kuinka jyrkkiä muotoja koemuotissa on käytetty.



Kuva 21. 3D-viilun käyttäytyminen muotopuristusmuotin päällä
(Jari Suominen 2014)

Yhteenveto

Projektissa kehitetty 3D-viilu on jotain uutta; se poikkeaa markkinoilta löytyvistä ratkaisusta. Tuotteessa ei ole haettu muille 3D-viiluille ominaista luonnollista ulkonäköä, vaan uudelle 3D-viilulle on ominaista sen kuvioitu ulkonäkö, jota voidaan jatkossa muokata muilla vastaavilla kuvioilla. Uuden materiaalin testausta ei ole vielä aloitettu, mutta ensimmäiset näytöt ovat olleet lupaavia. 3D-viilututkimusta jatketaan Puuri-projektin päättymiseen saakka ja toivottavasti kehitystyötä voidaan jatkaa senkin jälkeen. Kyseiselle materiaalille voi myöhemmässä vaiheessa tulla myös muita käyttökohteita sen monipuolisten ominaisuuksien vuoksi. Esimerkiksi: mitä saadaan aikaiseksi joustavilla rakenteilla tuolin istuimien pehmusteena?

Lähteet

- Backman, J. 2008. 3D-muotopuristus, Pintaviilun vahvistaminen ja pinnoitus puristusvaiheessa. Puutekniikan koulutusohjelman AMK-opinnäytetyö. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala.
- Danzer Deutschland GmbH. 2014. Processing/Technology [viitattu 21.2.2014]. Saatavissa: <http://www.danzer.com/Processing-Technology.3064.0.html>
- Koskisen Oy. 2014. KoskiPly birch – koivuohutviiluvaneri [viitattu 21.2.2014]. Saatavissa: <http://www.koskisen.fi/tuotteet/koivutuotteet/koskiply-birch-koivuohutviiluvaneri>
- Loukasmäki, P. 2013. Huonekaluteollisuus. Työ- ja elinkeinoministeriö [viitattu 21.2.2014]. Saatavissa: http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/1893/Huonekalujen_valmistus_2013.pdf
- Malinen, P. 2006. 3D-muodot tuoliaihion muotopuristuksessa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Konetekniikka, Puutekniikan laitos.
- Patrikainen, A. 2010. Termomuovattavat puulevyvalmisteet, Viilun murtovenymän parantaminen 3D-muotopuristuksessa. Puutekniikan koulutusohjelman AMK-opinnäytetyö. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala.
- PuuProffa. 2014. Solukko [viitattu 21.2.2014]. Saatavissa: http://www.puuproffa.fi/PuuProffa_2012/fi/puun-rakenne/solukko
- Suominen, J. 2007. Patenttijulkaisu FI20065158 A. Menetelmä muotopuristeen valmistamiseksi. Lahden ammattikorkeakoulu. Patentti- ja rekisterihallitus.

Puutuotealalla joudutaan taistelemaan halpatuontia vastaan. T&K-työn suuntaaminen innovatiivisten puujalosteiden kehittämiseen nähtiin välttämättömäksi. Alalle oli tarve löytää myös uusia kilpailukykyisiä tuoteratkaisuja. Lahden ammattikorkeakoulun Monialaiset rakenteet puutuotteiden valmistamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen (PUM) -osahankkeella pyrittiin toimialan kilpailukyvyyn parantamiseksi kehittämään yrityksille mahdollisuuksia luoda uusia tuotteita, tuoterakenteita ja toimintamalleja eri alojen teknologioita yhdistäen. Näin puutuotteille saatiin uusia ominaisuuksia ja uusia sovellusmahdollisuuksia.

Lahden ammattikorkeakoulu haluaa osaltaan sekä kehittää insinöörikoulutusta vastaamaan alueen puutuotealan osaamistarpeita että osallistua alueen yritysten tuotteiden, palvelujen ja prosessien kehittämiseen. Lahden ammattikorkeakoulun osahankkeen tavoitteena oli yhdessä muiden osatoteuttajien kanssa muodostaa T&K-pooli, jolle oli syntynyt kysyntää puualan koulutuksen keskittyessä Lahteen ja loppuessa muualta Etelä-Suomen alueelta. Toinen peruste T&K-poolin muodostamiselle oli se, että Lahden ammattikorkeakoululla on Suomen ainoa akkreditoitu huonekalu- ja kalustealan laboratorio. Osahankkeessa kehitettiin myös tämän laboratorion yrityksille suunnattuja testauspalveluja.

Tässä artikkelikokoelmassa kerrotaan Lahden ammattikorkeakoulun tekniikan alan materiaalitekniikan koulutusohjelman toimenpiteistä, joilla alueen puutuotealan kilpailukykyä ja insinöörikoulutuksen puu- ja muovitekniikan osaamista ja työelämävastaavuutta on parannettu.

Lahden ammattikorkeakoulun Monialaiset rakenteet puutuotteiden valmistamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen (PUM) -osahanke oli osa Puurikastamo (Puuri) -hanketta. Muita Puurikastamo (Puuri) -hankkeen osatoteuttajia olivat Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy (hallinnoija), Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Työtehoseura ry ja Kouvola Innovation Oy. Hanke oli Etelä-Suomen EAKR-ohjelman ja Päijät-Hämeen liiton osarahoittama hanke. Hanketta rahoittivat lisäksi osahanketoteuttajat ja yritykset.



Vipuvoimaa
EU:lta
2007-2013



Lahden ammattikorkeakoulun julkaisusarjat

A Tutkimuksia

B Oppimateriaalia

C Artikkelikokoelmat, raportit ja muut ajankohtaiset julkaisut

ISSN 1457-8328

ISBN 978-951-827-199-7