

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Muotoilun koulutusohjelma/ Tuotemuotoilu

Johanna Kämäräinen

JOHTOKANAVAJÄRJESTELMÄ KOMPOSIITTIMATERIAALISTA

Opinnäytetyö 2014

## TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU  
Muotoilun koulutusohjelma

KÄMÄRÄINEN JOHANNA

Opinnäytetyö  
Työn ohjaaja  
Toimeksiantaja  
Toukokuu 2014  
Avainsanat

Johtokanavajärjestelmä  
komposiittimateriaalista  
42 sivua  
Ari Hynynen  
Oma tutkimustyö

sähköasennus, pinta-asennus, johtokanava,  
johtokanavajärjestelmä, komposiitti, vaneri,  
asiakaskokemus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella konsepti lämpömuovattavasta puukomposiittimateriaalista valmistettaville johtokanavajärjestelmälle. Konseptissa on otettu huomioon monikäyttöisyys ja tuoteosien vähentäminen. Samaa muotopuristettua osaa voidaan käyttää useassa eri tuoteperheen tuotteessa, esimerkiksi vapaasti seisovien pistorasiapylväiden rakenneosana.

Tutkimusosuus sisälsi eri sidosryhmien näkemyksien, kokemusten ja tarpeiden selvittämistä palvelumuotoilun menetelmin korjausrakentamisessa käytetyistä sähkötarvikkeista ja asennusmetodeista. Saatuja tietoja on hyödynnetty muun muassa käytettävyyden suunnittelussa. Opinnäytetyön yhtenä lähtökohtana on ollut myös kokemusperäinen tieto pintaan asennettavista tuotteista ja erilaisista korjausrakentamisen hankkeista.

Yhtenä osana tätä työtä on ollut kehittää ympäristöystävällinen vaihtoehto PVC-muovisille tuotteille. Euroopan sähkötarvikkeita koskevat määräykset ovat tiukentuneet hiljattain halogeenien osalta ja esimerkiksi PVC-muovi sen sisältämän kloorin vuoksi on ollut RoHS -direktiivin haitallisten aineiden listalla.

Tuoteideoinnin pohjana oli UPM Grada muotovaneri ja sen ominaisuuksien ja soveltuvuuden tutkiminen johtokanavien materiaalina muun muassa taivutusominaisuuksien, materiaalivahvuuksien ja palonkestävyyden näkökulmista.

Osa opinnäytetyöstä on salattu.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSO AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Design

KÄMÄRÄINEN JOHANNA

Bachelor's thesis

Supervisor

May 2014

Key words

Cable Trunking System Made of Thermoformable Wood Composite

42 pages

Ari Hynynen, Senior lecturer

electric assembly, surface mounting, cable trunking system, composite, customer experience.

The purpose of this Bachelor's thesis was to create a product concept of a cable trunking system made of thermoformable wood composite. The conceptual design work includes a study of versatile use of bent wood profile in different aesthetical parts in the designed product range to reduce components.

The theoretical part included a survey of service design methods including mapping of interest groups and different customer group experiences and needs in renovation projects when repairing electrical systems. According to the results of this survey, the product concept's usability, fittings, fixings and other system accessories has been developed.

As a goal of this thesis work was to create an environmentally sustainable alternative product to substitute cable trunking products made of plastic materials such as PVC. PVC contains chlorine that belongs to the chemical group of halogens which is classified as a hazardous substance in the RoHS directive.

The experimental part of the process was to find the right profile form for trunking lengths made of UPM Grada composite plywood. Experiments were conducted by making different moulds which were tested with different material thicknesses and compositions to find optimum properties for the final product.

Part of this Bachelor's thesis is kept secret.

## Sisällysluettelo

1. JOHDANTO	6
2. TAUSTAA JA TAVOITTEITA	7
3. TIEDONHANKINTAA	8
3.1 Loppukäyttäjät	8
3.2 Asentajat ja rakentamisen ammattilaiset	9
3.3 Kiinteistöisännöitsijä	11
3.4 Valmistaja	12
4. ANALYYSI OLEMASSA OLEVISTA TUOTTEISTA	14
4.1 Muovimateriaalit	14
4.2 Alumiini	15
4.3 Puu ja puukuitulistat	15
4.4 Kiinnitys- ja asennusmenetelmät	16
4.5 Snappikiinnitys	18
5. TEKNISET VAATIMUKSET JA TARKASTUKSET	18
5.1 CE-merkki	18
5.2 Vaaralliset aineet ja RoHS	19
5.3 Sähköturvallisuustarkastus	19
5.4 IP- luokka	20
5.5 Iskunkestävyys	20
5.6 Palonkestävyys	21
6. TARJONTA; SAATAVUUS JA TUOTTEET	22
6.1 Muotokieli	23
6.2 Mitoitus ja valikoima	24
6.2.1 Syvyys	24
6.2.2 Pituus	25
6.2.3 Leveys	26
7. KANAVAELEMENTIN SUUNNITTELUA	26
7.1 Materiaalikohteita	27
7.2 Muotit ja koetaivutukset	29
7.3 Ensimmäinen koesarja	30
7.4 Toinen koesarja	31

8. KIINNITYSMEKANISMIN SUUNNITTELUA	33
8.1 Pohja ja kansi -konstruktio	33
8.2 Kiinnike ja kansi -konstruktio	36
9. KULMAKAPPALEIDEN SUUNNITTELUA	38
9.1 Kaapeleiden taivutus nurkissa	38
9.2 Kulmakappaleiden mitoitus	39
10. TUOTEKONSEPTIN JOHTOPÄÄTÖKSET	40
11. PROJEKTIN JATKUMINEN	41
LÄHTEET	42

## 1. Johdanto

Korjausrakentamisessa sähköasennuksia ei aina pystytä tekemään rakenteiden sisälle, vaan joudutaan käyttämään pinnallisia asennuksia. Syynä ovat joko rakenteet tai rakennussuojelulliset tekijät. Yksinkertaisimmillaan sähköasennukset ovat seinään, kattoon tai jalkalistaan hakasin tai kiinnikkein kiinnitettyjä MMJ-tyyppisiä suojakuorellisia johtoja. Joissakin kohteissa sähköjohdotukset ovat pinnallisiin johtokanaviin asennettuja.

Työssäni olen keskittynyt tuotteisiin, joita sähköalalla kutsutaan minikanaviksi ja erityisesti tämän tuoteryhmän jalkalistoina käytettäviin johtokanaviin. Niiden muotokieli on ollut varsin konservatiivista ja suunnittelu on tehty yleensä teknologialähtöisesti. Johtokanavat ovat tyypillisesti valmistettu joko muovista tai alumiinista. Muovimateriaaleista käytetyin on PVC-muovi.

Euroopan palomääräykset ovat tiukentuneet hiljattain halogeenien osalta, jonka vuoksi esimerkiksi PVC-muoveista luopumisesta on tullut ajankohtaista sen sisältämän kloorin vuoksi. Tämän työn yksi tavoite on tutkia vaihtoehtoja PVC- muovisille asennuskanaville, jotka ovat tyypillisiä nimenomaan pientalojen sähkökorjaustöissä niiden edullisuuden vuoksi.

Innostukseni aiheeseen syntyi Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Kouvolan toimipisteen pajatiloissa näkemistäni harjoitustöistä, joissa oli käytetty UPM:n lämpömuovattavaa Grada muotovaneria. Työkokemukseni sähkötarviketeollisuudesta ja toisaalta korjausrakentamisesta toivat mieleeni uuden materiaalin hyödyntämismahdollisuuden johtoasennuskanavan materiaalina.

UPM Grada muotovanerin lämmittämällä ja puristamalla tehtävä työtapa mahdollistaa nopean ja kustannuksiltaan edullisemman tavan tehdä taivutettavia muotoja kuin perinteisessä vanerin muotopuristusmenetelmässä. Työni suurin haaste on saada materiaali toimimaan ohuissa rakenteissa ja täyttää samalla palo- ja rakennusmääräykset ja sähkötarvikkeille asetetut tekniset vaatimukset. Työ sisältää materiaalin liittyviä taivutuskokeita ja konseptisuunnittelun uudeltaisesta asennusjärjestelmästä.

Osa työn sisällöstä on salattu.

## 2. Taustaa ja tavoitteita

Kiinnostukseni korjausrakentamisessa käytettäviin tarvikkeistoihin syntyi jo 2000-luvun alussa toimiessani korjausrakentamisen hankkeissa Kotkan- Haminan alueella. Erityisesti mieleeni William Ruthin kadun projekti, jossa vanhoihin Karhulan teollisuuspuiston työläiskorttelin taloihin tehtiin toimitiloja erityyppisille yrityksille. Kohteessa oli muun muassa hirsirakenteiden vuoksi rakenteellisia rajoitteita upotettujen sähköasennuksien tekemiselle sekä kohteiden rakennusuojelullisesta statuksesta johtuen myös esteettisiä vaatimuksia asennettavalle uudelle tekniikalle.



Kuva 1: Antinkadun toimistotaloja, Karhulan teollisuuspuisto, Kotka.

Kokemuksiini pohjautuen ja uuden mahdollisuuksia täynnä olevan materiaalin löydettyäni päätin yhdistää kaksi kiinnostavaa ja toisiaan täydentävää kokemustani uudenlaiseksi johtoasennuskanavatuotteeksi, jossa yhdistyy puumateriaali ja asennettavuus.

Opinnäytetyön tavoitteeksi asetin materiaalikokeiden perusteella tehdyn konseptisuunnitelman, jonka pohjalta voidaan jatkaa yksityiskohtaisemmillä suunnitelmilla.

### 3. Tiedonhankintaa

Suurin osa havainnoistani korjausrakentamisessa käytetyistä tuotteista ja työtavoista on tullut työkokemukseni myötä monen vuoden aikana. Ensimmäisinä havaintoina aiemmin mainitsemani korjausrakentamisen hankkeet 2000 -luvun alussa sekä oman asunnon korjaustoimenpiteet 1990 -luvun puolivälissä. Kuten Pirkko Anttila (2006, 78) avaa teoksessaan reflektiivisen toiminnan ja ajattelun käsitettä kolmeen näkökulmaan:

- 1) Kokemukseen palaamisessa tunnistetaan tai eritellään havaittavia tapahtumia,
- 2) tunnistetaan ja yhdistetään tunteita vahvistamalla myönteisiä ja minimoidaan kielteisiä sekä 3) arvioidaan kokemuksia asetettuihin tavoitteisiin ja olemassa olevaa tietoon ja luodaan niiden pohjalta uutta tietoa. Näihin omakohtaisiin kokemuksiin olen palannut monta kertaa erilaisissa yhteyksissä työurani aikana.

Tutkimustyön aloitin palvelumuotoiluprosessin mukaisesti tavoitteiden määrittelyllä, jotka perustuivat edellä mainittuihin omiin kokemuksiini ja loppukäyttäjien kanssa käymiini keskusteluihin. Näiden kautta sain paitsi tietoa loppukäyttäjryhmien käsityksistä ja kokemuksista markkinoilla olevista tuotteista myös tarkennettua rakennus- ja sähköasennusalan ammattilaisille sekä sähköasennustarvikkeita valmistavan yrityksen eri asiantuntijoille tehtäviä haastattelukysymyksiä.

Palvelumuotoiluprosessin mukaisesti testasin jo suunnittelutyön varhaisessa vaiheessa konseptin toimivuutta miten haastateltavat ammattilaiset ottavat idean puumateriaalista muovia korvaavana materiaalina vastaan. Tämän esitestausvaiheen tarkoituksena oli myös tunnistaa tuotteen onnistumisen kannalta kriittiset osa-alueet, joiden perusteella olin yhteydessä valmistajaan materiaalin ominaisuuksiin liittyen. (Tuulaniemi 2011, 130.)

#### 3.1 Loppukäyttäjät

Loppukäyttäjien näkemykset vaihtelivat paljon. Joillekin listat edustivat siisteintä ja esteettisintä vaihtoehtoa. Välinpitämättömille tärkeintä oli sähköjen toimivuus.



Tee-se-itse -loppukäyttäjät olivat tyytymättömiä yleensä valikoimaan ja asennettavuuteen sekä tarjottuun laatuun, mutta olivat melko haluttomia maksamaan ja teettämään puulista-asennuksia tai tekemään niitä itse. PVC-muoviset listat koettiin ikävän näköisiksi ja halvoiksi lähes kaikkien haastateltujen loppukäyttäjien mielestä. Suurin syy haluttomuus itse tekemiseen oli välineiden puute tai osaamisen puutteellisuus. Samoin sähköasennuksiin liittyvä tekeminen on mielletty olevan ammattilaistyötä kokonaisuudessaan, mukaan lukien listoitukset. Sähköturvallisuuteen liittyvät asiat olivat tutkittujen tiedossa hyvin ja uudet määräykset asunto-osakeyhtiöissä erilaisten sähkötöiden teettämisestä tunnettiin melko hyvin. Osa määräyksistä koettiin turhaksi etenkin Tee-se-itse -loppukäyttäjien ryhmässä. (Asunto-osakeyhtiölaki 2010.)

Uusissa asunnoissa asuvat olivat keskimäärin tyytyväisempiä tehtyihin sähköasennuksiin eivätkä nähneet mitään syytä korjata olemassa olevia asennuksia. Vanhemmissa taloissa asuvat olivat tyytymättömiä esimerkiksi pistorasioiden riittävyyteen ja osa myönsi käyttävänsä paljon jatkojohtoja ja niiden koettiin myös häiritsevän asumista jonkin verran. Vanhemmissa taloissa oli myös tehty aikojen saatossa lisäasennuksia, joiden esteettinen taso ja toimivuus olivat haastateltujen mielestä kyseenalaisia.

Tutkimusmenetelmänä loppukäyttäjien ryhmässä parhaimmaksi osoittautui strukturoimaton avoin haastattelu tilanteen vaatimalla tahdikkudella, sillä olinhan heidän kotonaan arvioimassa heidän päättämistään ja teettämistään sisustuksellisista ja kodin toimivuuteen vaikuttavista ratkaisuista (Anttila 2006, 196).

### **3.2 Asentajat ja rakentamisen ammattilaiset**

Tutkimusryhmään kuului kaksi sähköasentajaa, kiinteistöisännöitsijä ja rakennusurakoitsija. Haastateltu rakennusurakoitsija on erikoistunut pientalorakentamiseen. Kiinteistöisännöitsijän vastuualueena on yksi Kotkan merkittävimmistä perinnerakentamisen alueista Karhulassa. Tutkimusmenetelmänä käytin strukturoidun haastattelun menetelmiä ja avoimia kysymyksiä. Kysymyksissä keskityin pinnallisten asennusten tekemiseen korjauskohteissa. (Anttila, 2006, 196).

Sähköasentajien haastatteluiden pääasiallisena tiedonhankinnan kohteena oli nimenomaan saada tietoa uuden tuotteen asentamiseen ja käytettävyyteen liittyviä seikoista, koska tarve loppukäyttäjien puolelta oli jo olemassa olevaa tietoa. Tarkoitukseni oli saada suunnittelemani tuote vastaamaan molempien tarpeita. Haastattelun avulla pyrin myös selvittämään, miksi ja millä perusteella asentajat yleensä valitsevat ja suosittelevat sähköasennuskanavia tai -listoja asiakkailleen.

Pintaan asennettavissa johtokanavissa on sähköasentajan kannalta kahta erilaista tyyppiä: Tärkeimpänä tarkoitukseen valmistetut muoviset asennuskanavat tai puu- tai puukuitulistojen taakse tehtävät asennukset. Puu- tai puukuitulistat asiakas hankkii yleensä itse. Muoviset johtokanavat hankkii usein sähköasentaja, koska niitä saa lähinnä vain ammattilaisille tarkoitetuista noutomyymälöistä tai tilaamalla suoraan valmistajan edustajalta.

Kolmantena asennustapana asentajat suosivat näkyvää kaapelia, joka on asennettu kiinnikkeillä. Kiinnikkeistä suosituin oli metallinen kiinnike, joka jää kaapelin alle piiloon. Kiinnitystapa soveltuu asentajan mielestä hyvin esimerkiksi puupaneloiduille seinille (Kuokka 2014).

Asentajien asiakkailtaan saama palaute tai toive saada tiettyntyyppisiä tuotteita oli samansuuntaista kuin itse tekemiäni haastattelujen pohjalta. Toisaalta asiakkaat olivat tyytymättömiä muovisiin asennuskanaviin tai listoihin, mutta haluttomia maksamaan ylimääräistä esimerkiksi puu- tai puukuitulistojen taakse asentamisesta. Alumiinista valmistettuja johtokanavia haastattelemani henkilöt olivat käyttäneet pientalo- tai korjauskohteissa harvoin tai eivät ollenkaan. (Pulkinen, 2014.)

Esitellessäni omaa tuoteideaani asentajille, he pitivät ideaa hyvänä mutta keskusteluissa tuli esiin hinta yhtenä tärkeimpänä ostopäätökseen vaikuttavana tekijänä. Asentajat pitivät hyvänä, että liitokset toimisivat samalla tavoin kuin muovisissa vastaavissa asennuskanavatuotteissa.

Lisäkysymyksenä omaa tuotteen kehittämistä tukemaan selvitin myös sähköasentajien käyttämiä työvälineitä asennuskohteissa. Johtokanavien katkaisuun on tarjolla erilaisia työvälineitä, joista tärkeimpiä ovat erilaiset pituus - ja lävistysleikkurit.

Puu- ja puukuitulistojen asennuksissa sähköasentajat ovat turvautuneet joko teettäjän työvälineisiin etenkin suuremmissa korjauskohteissa tai mukana kuljetettavaan katkaisusirkkeliin, jossa on säädettävä kulmavaste. Läpivientejä asentajat tekevät kohteen mukaan erilaisin menetelmin, yleensä kaapelin läpivienti yritetään täsmätä pituusjatkoksen kohtaan. Tuotteen paksuudessa ja rakenteessa on asentamisen kannalta tärkeintä leikkautuvuus leikkureilla jos halutaan nopeuttaa työtä. Myös läpivienteihin olisi hyvä olla oma työkalunsa. (Pulkinen 2014.)

Haastatteleman pientaloihin erikoistunut urakoitsija ei yleensä laita muovista valmistettuja johtokanavia asuintiloihin. Hänen mielestään ne ovat yksinkertaisesti epäesteettisiä ja eivät kestä käytössä. Alumiiniset ovat taas liian kalliita ja hankalia käsitellä asennettaessa, kuljettaessa ja varastoitaessa. Samoin niiden saatavuus noutovarastosta Kymenlaakson alueella on rajallista. Puulistoja rakennusurakoitsija piti kalliina. Puukuitulistojen asentamista hän piti haasteellisena asennusten suoruden ja kiinnikkeiden asennettavuuden vuoksi. (Jukarainen 2014.)

Esitellessäni omaa suunnitelmaani palaute oli positiivista ja käyttökohteita olisi löytynyt välittömästi. Etenkin riittävä asennustila listan takana miellytti.

### **3.3 Kiinteistöisännöitsijä**

Haastatteleman kiinteistöisännöitsijän vastuualueena on yksi Kotkan merkittävimmistä perinnerakentamisen alueista Karhulassa. Vanhat teollisuustyöväen asunnoiksi rakennetut talot William Ruthin kadulla Kotkan Karhulan kaupunginosassa muodostavat nykyään yhden Kotkan vetovoimaisimmista pienteollisuus- ja toimistokokonaisuuksista. Vanhat puutalot kätkevät sisäänsä paitsi modernin talotekniikan myös tietoliikennetekniikan laadukkaasti kohdetta varten valmistettujen puulistojen kanssa toteutetuin ratkaisuin.

Vanhoihin rakennuksiin pietteillä puulistojen sisään tehdyt sähköasennukset ovat kauniita, mutta kalliita ja työläitä asentaa. Samoin asennusten laajennus tai muutostyöt ovat haastavia, koska varovaisetkin purkutyöt ja uudet asennukset jättävät helposti ei toivottuja jälkiä pintoihin ja rakenteisiin. Toisaalta vaihtoehtona on joko alumiinista tai muovista tehdyt kaapelikanavat, jotka taasen olivat halpoja ja nopeita asentaa, mutta ulkoasultaan ja materiaaleiltaan soveltumattomia kohteeseen. (Mouhu 2014).

Kiinteistöisännöitsijän mielestä valmistajat eivät ole riittävästi ottaneet huomioon korjausrakentamisen vaatimuksia nimenomaan perinnerakentamisen näkökulmasta. Tuotteiden tekninen toimivuus on yleensä moitteetonta, mutta materiaalien ja ulkoasujen soveltuvuutta ei juuri ole mietitty. Sähköasennukset William Ruthin kadun kiinteistöissä on toteutettu taitavan kirvesmiehen ja sähköasentajan yhteistyönä. Asennusten materiaali- ja työkustannukset olivat lähes kolminkertaiset vuoden 2004 keskimääräisiin sähköasennushintoihin verrattuna (Mouhu 2014).

Esitellessäni omaa suunnitelmaani haastateltavalle muotokieli ja mahdollisuus kohteen mukaiseen pintakäsittelyyn miellyttivät haastateltavaa. Samoin asennusmetodi, joka voisi säästää työajassa, herätti kiinnostusta.

### 3.4 Valmistaja

Yrityksen näkökulmaa selvitin markkinointiin erikoistuneen ruotsalainen tuotepäällikön ja muovimateriaaleihin erikoistuneen tuotekehityksen henkilön kanssa keskustellen. Tutkimusmenetelmänä tässä kohderyhmässä käytin syvähaastattelua ja sähköpostitse enakkoon lähetettyjä kysymyksiä (Anttila 2006, 78). Kysymykset keskittyivät materiaaliin, teknisiin sovelluksiin ja yrityksen tapaan toimia uusien tuotteiden luomisessa. Osa tiedosta perustuu myös omiin havaintoihini vuosina 2007–2011.

Haastateltavien lähestymiskulma aiheeseen oli kaiken kaikkiaan hyvin tekninen ja myyntilukuihin keskittyvä. Laadullisen tiedon kerääminen palvelumuotoilun prosessin mukaisesti oli vieras ja esittämäni erityyppisiin haastatteluihin ja observointiin pohjautuvan tiedon he kokivat uudeksi tavaksi lähestyä tuotteita ja tuotteistamista yleensä. Näkökulmaan vaikuttanee, että työnantajayritys ei ole ollut kovin muotoiluorientoitunut tuotekehityksessään ja haastateltavien oma tieteellisen tutkimuksen kvantitatiivisen tiedon hallinta on vahvaa.

Haastatteleamalla saadun tiedon oikeellisuudesta ja käytettävyydestä esimerkiksi tuotekehityksen apuna herätti paljon epäilyä. Yksi pääkysymyksistä oli, miten loppuasiakkaiden esteettisesti kokemat asiat olisivat tutkittavissa ja kerättävissä eri kulttuuriympäristöissä ja markkina-alueilla.

Esittelemieni palvelumuotoiluun läheisesti liittyvien etnografisten menetelmien toimivuus oli heidän mielestään mahdollista pohjoismaisten ja pohjois-eurooppalaisten maiden ollessa kyseessä, mutta eteläisemmissä kulttuureissa Euroopan alueella menetelmien käyttökelpoisuus herätti enemmän epäilyjä.

Kansainvälisten yhtiöiden Business intelligence- ja markkinointiosastot toimivat pitkälti tilastointiin ja markkinoiden seuraamiseen perustuvien työkalujen varassa. Tiedonhankinnan jalkauttaminen jokapäiväiseen myyntityöhön ja sitä kautta hankittuun tietoon esimerkiksi tuotekehityksen tarpeisiin on melko etäistä. Sinänsä tämä havainto on hieman ristiriidassa yrityksen nettisivuillakin näkyvästi esillä olevan asiakaslähtöisyysviestin kanssa.

Paikalliset maakohtaiset asiakaspalvelukeskukset keräävät tietoa lähinnä reklamaatioiden pohjalta. Raporttien mukaisten laatu-palautteiden selvittäminen ja toimenpiteiden tekeminen siirtyy maakohtaisten myyntiyhtiöiden asiakaspalvelukeskuksista tyypillisimmillään suoraan tuotepäällikölle ja edelleen valmistavan yksikön laatuosastolle. Prosessissa palaute asiakkaalle on yleensä melko ohutta, usein asiakas saa vain automaattivastauksen myyntiyhtiöiden toimesta. Asiakkaan tuotekehitysideat, jotka ovat tulleet tätä kanavaa myöten päätyvät harvoin tai eivät ollenkaan tuotekehitysosastoille. Näin tehdyt parannusehdotukset tai tuoteideat jäävät siis usein kunkin tuotepäällikön omien intressien varaan.

UPM Grada -muotovaneri kiinnosti esittämieni materiaalinäytteiden perusteella haastateltavia, samoin ohella esittelemäni kierrätysmateriaalia sisältävä UPM ProFi koettiin kiinnostavaksi vaihtoehdoksi esimerkiksi PVC-muovia korvaavana materiaalina johtokanavien valmistuksessa.

Palonkestävyys oli keskusteluissamme eniten esille tullut haasteellinen tekijä UPM Gradan puu-polyeteenikomposiitti-yhdistelmän ominaisuuksissa. Samoin muodon pysyvyys erilaisissa muuttuvissa olosuhteissa aiheutti kysymyksiä, koska kyseessä on toisaalta 80 % luonnonmateriaali ja toisaalta lämpömuovattu tuote.

Valmistuskustannukset ja mahdollinen myyntihinta koettiin tärkeäksi tekijäksi. Valmistusmenetelmä oli haastatelluille kokonaan uusi ja herätti paljon kysymyksiä esimerkiksi alihankintaan ja jakeluketjuun liittyvissä asioissa. Valmistettavuuden

näkökulmasta kiinnostuksen kohde oli toisaalta materiaalin hävikki muotopuristeesta valmiiksi tuotteeksi. Valmistajan ja markkinoijan näkökulmasta tärkeimmäksi asiakasryhmäksi haastattelemani henkilöt valitsivat Tee-se-itse -asiakasryhmän. (Stanojlovic-Davidovic, 2014).

Myynti Tee-se-itse -asiakasryhmälle on huomattavan suurta esimerkiksi Ruotsissa, jossa asennusmääräykset on väljempää ja esimerkiksi sähköasennusten korjaaminen itse on huomattavasti vapaampaa ja tavallisempaa kuin meillä Suomessa. Ruotsissa uusia asennuksia koskevat melko samantapaiset määräykset kuin meillä Suomessa (Turvatekniikan keskus 2014 ja Elsäkerhetsverket 2010-2014).

## **4. Analyysi olemassa olevista tuotteista**

### **4.1 Muovimateriaalit**

Tavallisin johtokanavien muovimateriaali on PVC-muovia. Sen ylivoimaisin etu on sen materiaalin edullisuus ja helppo muovattavuus. PVC-muovi on kuitenkin ollut jo 2000 -luvun alusta EU:n vaarallisten materiaalien listalla ja jokainen ympäristöjärjestelmän omaava yritys on luokitellut sen vähintäänkin vältettävien listalle. (EN N:o 1907/2011, REACH).

Valmistajat ovat tuoneet rinnalle esimerkiksi PC/ABS-muovista valmistettuja johtokanavia, mutta niiden hinta verrattuna PVC-muovisiin tuotteisiin on huomattavasti suurempi johtuen kalliimmasta materiaalista. Keskimääräisiä muovien hintoja on nähtävissä esimerkiksi internetistä erilaisten materiaalipörssien tilastojen kautta.

PVC -muovissa aiemmin käytetyt tavalliset myrkylliset täyte- ja palonestoaineet, kuten bromatut palonestoaineet, ovat nyt jo kiellettyjä. PVC-muovin suurin ongelma on sen tuotannossa vapautuvat kloorikaasut sekä pehmitinaineet, jotka sisältävät elävien organismien perimään vaikuttavia aineita. (EN N:o 1907/2011, REACH).

Kloori kuuluu kemiallisesti niin kutsuttuihin halogeeneihin, samoin kuin jodi ja fluori. Ioneina edellä mainitut ovat ihmiselle välttämättömiä, mutta vapaina alkuaineina myrkyllisiä. Halogeenit muodostavat palaessaan ihmiselle vaarallisia kaasuja. Samoin

PVC-muovi sisältää haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, joiden on todettu tutkimuksissa aiheuttavan paitsi hajuhaittaa myös silmien, ihon ja limakalvojen ärsytystä.

Huomattavaa on myös, että esimerkiksi Tanskassa ei saa enää asentaa halogeenia sisältäviä tuotteita sähköasennuksiin. Suomessa vielä odotetaan määräyksiä ja ohjeita (Lönnqvist, 2014).

Johtokanavien kulma- ja päätyvaloissa on yleisesti käytetty kovempaa muovia kuin kanavan rungossa. Johtokanavan rungon muodostavat listat ovat extruusiotuotteita ja lisätarvikkeet usein ruiskupuristeita. Jo pelkästään erilainen valmistusmenetelmä vaatii erilaisia materiaalseoksia vaikka molemmat olisivat esimerkiksi PC/ABS seosmuovituotteita. Asentajat huomaavat materiaalien eron muun muassa erilaisissa ominaisuuksissa, kuten joustavuudessa. Loppukäyttäjät huomaa muovien eron yleensä erilaisena materiaalin vanhenemisena, kuten kellastumisena tai haurastumisena vuosien kuluessa. Materiaalien ero vanhenemisprosessissa korostuu erityisesti, kun listat ovat PVC -muovia ja tarvikkeet esimerkiksi polyamidia, ABS- tai PC/ABS seosmuovituotteita.

## 4.2 Alumiini

Alumiini on asennuskanavissa ehdottomasti kestävin materiaali ja samalla myös kallein. Harva kuluttaja on valmis maksamaan yli kymmenkertaisen hinnan verrattuna muoviseen vastaavaan tuotteeseen. Alumiini on jäykkää ja kannen kiinni painamisen jälkeen johtokanavan avaamiseen tarvitaan tavallisesti työvälineitä.

Alumiiniset asennuskanavat ovatkin käytetyimpiä julkisessa rakentamisessa, toimistoissa ja tuotantotiloissa, joissa edellä mainittu avaamattomaksi suunniteltu rakenne on ehdoton etu. Samoin jäykkyyden mukana tuleva mahdollisuus uudelleen käyttöön ja siirtämiseen muuttuvan käyttötarkoituksen mukaan on etu.

## 4.3 Puu ja puukuitulistat

Täyspuiset listat ja erilaiset puukuitulistat, joissa on johtojen asennusta varten takana ura, ovat rautakaupoissa melko tavallisia ja suosittuja Tee-se-itse -asiakasryhmässä.

Listoissa on runsas väri- ja kokovalikoima ja saatavilla on myös erilaisia muotojyrsittyjä tuotteita. Listat voidaan asentaa seinään joko naulaamalla, ruuvaamalla tai erillisen kiinnikkeen avulla. Puukuitulistojen jalopuukuosia mukaileva pinnoite on usein PVC-muovia.

Puu- ja puukuitulistojen asennustila on usein myös hyvin rajattu. Tilaa on yleensä yhdelle sähkökaapelille ja/tai antenni- tai tietoliikennekaapelille. Leveämmissä, yli 70 mm listoissa on tilaa kahdelle kaapeliparille. (Listatalo Oy 2014.)

Kun johdot on asennettu listan taakse ja kiinnitys tapahtuu listan päältä naulaamalla, on aina olemassa riski, että johtojen suojakuori rikkoontuu aiheuttaen oikosulun tai sähkövirran maadoitusvaaran kohteessa.

#### **4.4 Kiinnitys- ja asennusmetodit**

Muovilistojen kiinnitys tapahtuu yksinkertaisimmillaan pohjakappaleen ruuvi- tai naulakiinnityksellä seinään suoraan takaosan läpi tai listaan jo tehtäällä kiinnitetyn tarranauhan kanssa. Alumiinilistoissa ja joissakin muovilistoissa on yleensä myös rei'itykset takana kiinnitystä varten.

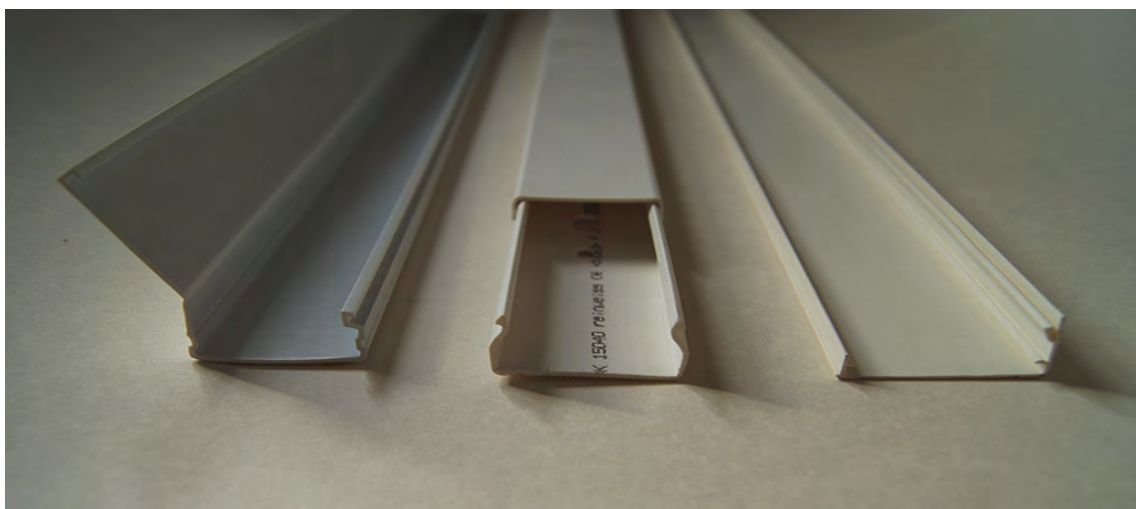
Ruuvien kannat jäävät aina koholle muovilistasta, ja toisaalta liian pienet ruuvit ilman aluslevyä ja naulaimella ammutut pienikantaiset naulat menevät muovista helposti läpi ja kiinnitys jää heikoksi. Muita haasteita asentamisessa ovat kansiosan jäykkä rakenne ja liian tiukalle kiristetyt ruuvit epätasaiselle pinnalle, jotka voivat tehdä kannen asentamisesta haastavaa varsinkin jos kannen kiinnitys on tuotteessa tiukka. Liian harvaan kiinnitetty takaosa vastaavasti saattaa aiheuttaa kantta asennettaessa koko listan irtoamisen seinästä.

Tarranauhakiinnitys on Tee-se-itse -tuotteissa tavallisin. Asennuslistan takana on tavallisesti kaksi tarranauhaa, joissa on suojapaperi päällä. Suojapaperi poistetaan ennen paikalleen painamista. Tarrakiinnitys vaatii aina suoran ja puhtaan pinnan, jotta asennus on siisti ja kestävä. Tarranauhojen liima vanhenee helposti etenkin aurinkoisissa paikoissa tai jos tilan kosteus- ja lämpöolosuhteet vaihtelevat paljon.

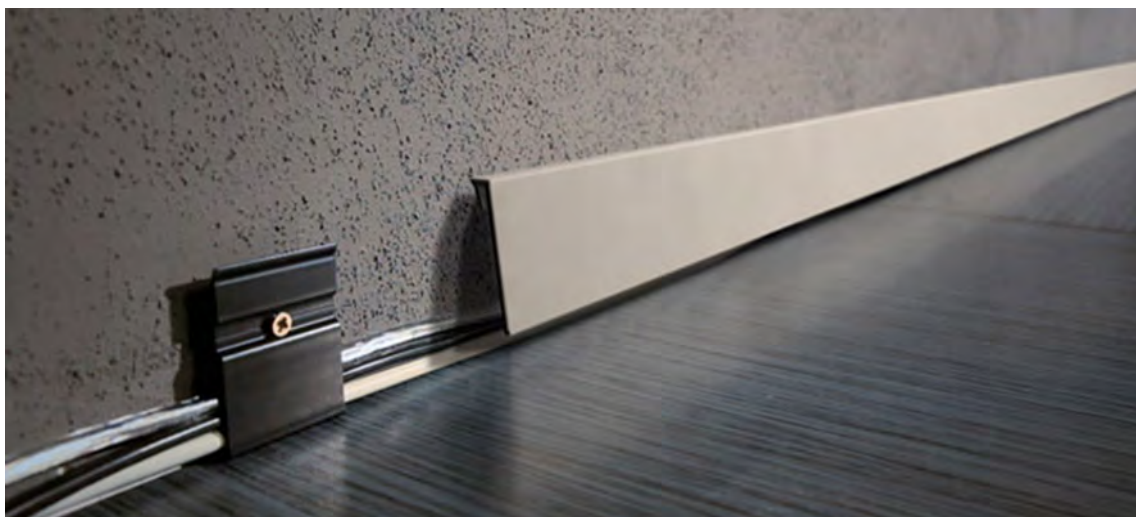


Muoviset asennuskanavat ovat joko kahdesta listasta muodostettuja (runko ja kansi) tai yhdestä kappaleesta taiteltavia kouruja, joissa kansi taitellaan ohennetuista kohdista takalistan päälle ja painetaan kiinni. Kolmas ryhmä muodostuu takaa avoimista listoista, jotka ovat kiinnikkeillä kiinni seinässä. Nämä tuotteet eivät ole tavallisesti myynnissä sähkötarvikkeina vaan listatuotteina rakennustarvikevalikoimissa.

Asentajien suosiossa ovat ensin mainitut kahdesta eri kappaleesta muodostetut listat. Syy tähän on yksinkertaisesti asennuksen nopeudessa ja kaapelien asettelun helppoudessa. Joissakin listatyypeissä on myös lisätarvikkeina kaapelikiinnikkeitä tai leveydestä riippuen erillisiä pituussuuntaisia osastoiteja.



Kuva 2: Kolme tavallisinta PVC-listatyyppiä. 1) Clas Ohlson DIY-lista 2) OBO Bettermann WDK 15040 3) Schneider Electric VL45 vakiolista.



Kuva 3: Johdot asennuskanavan kiinnikkeen takana. Primo Classic 5076.

## 4.5 Snappikiinnitys

Lähestulkoon kaikki asennuslista- ja johtokanavajärjestelmien tuotteet perustuvat jonkinlaiseen mekaaniseen liitokseen joko pohja- ja kansikappaleen välillä tai kiinnikkeen ja kannen välillä. Liitokset ovat melko tyypillisiä snappiliitoksia, joiden konstruktiossa on naaras ja uroskappaleet. Liitokset suunnitellaan kunkin tarpeen mukaisesti joko avattaviksi tai jälkeempään avaamattomiksi. Avattavan snappiliitoksen kriteerinä on yleensä sen avattavuus joko pelkästään sormivoimin tai tavanomaisimpia työkaluja apuna käyttäen. Avaamattomaksi suunnitellun rakenne rikkoutuu avaamisen yhteydessä. Liitoksien avattavuus määrittelee asennuskanavissa esimerkiksi IP-luokituksen, joka on yksi osa CE-merkinnän saamisessa tuotteelle. (EN 50085).

## 5. Tekniset vaatimukset ja tarkastukset

Sähkötarvikkeiden teknisiä standardeja ja määräyksiä on paljon ja ne ovat tarkkoja. Tuoteturvallisuuskulttuuri on yleisesti ottaen eurooppalaisilla valmistajilla hyvä, vaikka Euroopan neuvoston yhdessä laatimien määräysten maakohtaisissa tulkinnoissa ja käyttöönoton aikatauluissa on joitakin eroavaisuuksia.

Halvemmissa maissa tehtyjen sähkölaitteiden takaisinvedoista ja vaarallisena poistettavaksi määräyksistä saamme lukea miltei päivittäin. Tämä johtuu usein siitä, että maahantuojat luottavat liikaa valmistajan CE-merkkiin ja sen tuomaan turvallisuusimagoon (Turvatekniikan keskus, 2014).

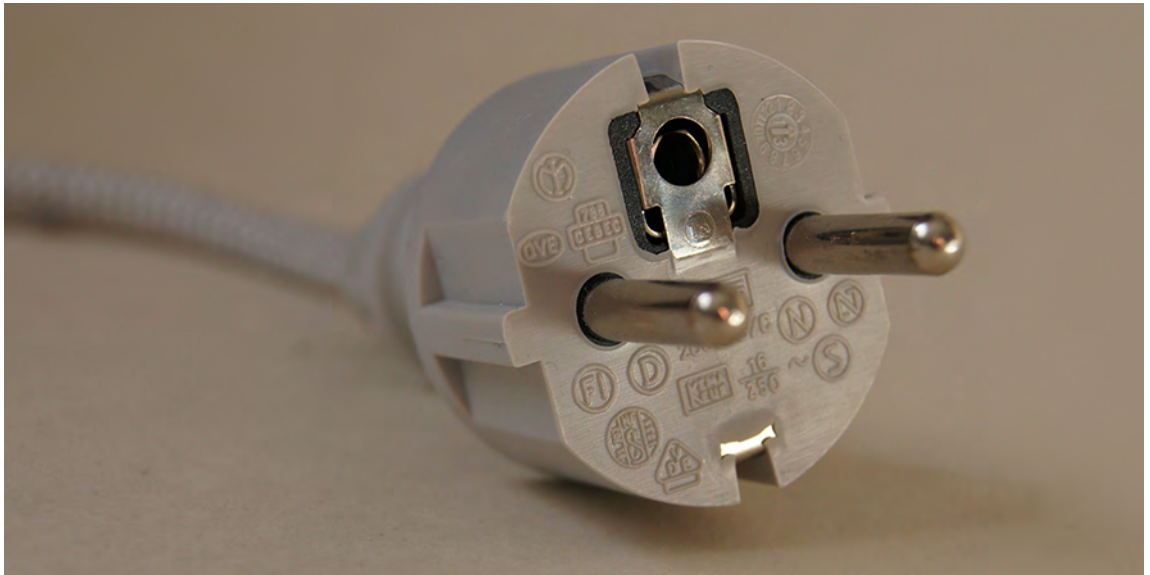
### 5.1 CE-merkki

CE-merkin omaavan tuotteen valmistaja vakuuttaa, että tuote on suunniteltu ja valmistettu EU:n arviointimoduulien mukaan ja testattu standardoiduilla testimenetelmillä täyttäen tuotteelle direktiivissä määritellyt ominaisuudet. Merkki ei siis takaa esimerkiksi tuotteen käyttöturvallisuutta, koska direktiivissä on määritelty vain tietyt osa-alueet kuten mekaaninen kestävyys, paloturvallisuus sekä tuotannon laadun valvonta. Sähkötarvikkeissa CE-merkki on ollut pakollinen Euroopan Neuvoston CE-merkin direktiivin myötä. Direktiivi on tullut voimaan vuonna 1993.

Suurelle osalle rakennustarvikkeita se on tullut pakolliseksi vuonna 2013. Suomessa CE-merkin oikeellisuutta valvoo Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. (EN 93/465/ETY ja Turvatekniikan keskus.)

## 5.2 Vaaralliset aineet ja RoHS

Vaarallisten aineiden rajoittaminen sähkötarvikkeissa perustuu Euroopan Neuvoston direktiivin (RoHS, Restriction of Hazardous Substances), joka on vuodesta 2011 alkaen ollut osa CE-merkin hyväksymismenettelyä. Direktiivi rajoittaa kadmiumin, lyijyn, elohopean, kuudenarvoisen kromin sekä bromattujen palonestoaineiden käyttöä. (EN N:o 1907/2011, REACH).



Kuva 4: Tarkastuslaitosten merkkejä pistotulpassa.

## 5.3 Sähköturvallisuustarkastus

Sähkölaitteissa CE-merkkiä täydentävät usein erilliset sähköturvallisuustarkastuksen merkit, joiden testausmenetelmissä paneudutaan myös käyttöturvallisuuteen. Pohjoismaissa tunnetuimpia merkkejä ovat S-, FI- ja N-merkit, joiden kaikkien historia on maakohtaisissa sähköturvallisuustarkastuksissa. Nykyään merkkien takana on kansainvälisillä tuotetestaus- ja sertifiointimarkkinoilla toimivat yritykset. Tuotetestaus- ja sertifiointiyritykset toimivat usein yhteistyössä ja jotkut tuotehyväksynät tuottavat myös toisen hyväksyntämerkinnän. (SGS Inspection Services Oy, Intertek Semko AB, Nemko Group A/S, Turvatekniikan keskus.)



Kuva 5: Tyypillisimmät hyväksymis- ja tarkastusmerkit pohjoismaisissa sähkötarvikkeissa.

#### 5.4 IP- luokka

Sähkötarvikkeiden IP-luokitus on monelle tuttu symboli sähköpistorasioista tai kytkimistä. IP-koodissa on kirjaintunnuksen lisäksi kaksi numeroa, josta ensimmäinen määrittelee suojaustason vieraita esineitä vastaan ja jälkimmäistä roiskevettä vastaan. Johtokanavajärjestelmän alin vaatimustaso on IP20-luokka.

Yksi kriittisimmistä testeistä IP-luokitustestauksissa on ulkopuolisen kuormituksen testaaminen. Testillä varmistetaan osien kiinnitysten liikkumattomuus simuloimalla tilannetta, jossa kanavajärjestelmään on liitetty esimerkiksi pistorasia. Pistorasiaan laitettava pistoke ja sen irrottaminen aiheuttaa veto- tai nykäisyvoimia, jotka saattavat löysentää kiinnikkeitä ajan mittaan. Toinen mekaanista lujutta mittaava testi on kannen kiinnityksen lujuus, joka ei saisi olla avattavissa ilman työkaluja esimerkiksi julkisissa tiloissa. Kannen avaamisen jälkeenkään mikään jännitteinen kaapelinosa ei saisi olla kosketettavissa. (EN 60529.)

Kotelointiluokkaa ei tuotteelle anneta jos tiiveys perustuu jatkoskohdissa pelkkään katkaistujen päätyjen puskuliitokseen. Kotelointiluokan edellytyksenä on liitoskappale, joka on osa järjestelmää asennustarvikkeena tai tiivisteenä. (EN 60529.)

#### 5.5 Iskunkestävyys

Iskunkestävyys eli IK-luokka on vielä toistaiseksi sähkötarvikkeiden ja kanavajärjestelmien puolella hieman tuntemattomampi käsite. Tuotteen IK-luokka kertoo johtokanavan kestosta ulkoisia mekaanisia iskuja vastaan asennuksen ja käytön aikana. Testi suoritetaan standardissa määritellyllä heilautusvasaralla, jonka

iskuvoimaa mitataan jouleina. Testissä on myös viitattu kuljetus- ja varastointi lämpötila-arvoihin, koska osa johtokanavajärjestelmissä käytetyistä muoveista käyttäytyvät eri tavalla eri lämpötiloissa. (EN 60529.)

IK-01, joka on alin mitattava luokka, vastaa 200 gramman painoisen esineen pudottamista 7,5 senttimetrin korkeudelta. Vastaavasti ylin IK-10 -luokka vastaa 5 kg:n esineen pudottamista 40 senttimetrin korkeudelta. Käytännössä esimerkiksi jalkalistana toimivat johtokanavajärjestelmät joutuvat käytössä erilaisten iskujen kohteeksi esimerkiksi siivotessa tai huonekaluja liikutellessa. Käytettyä voimaa on vaikea määrittellä ja toistuvat heikotkin iskut saattavat aikaa myöten irrottaa liitoksia. Valmistajien esitteisiin perustuvan tarkastelun perusteella olemassa olevissa johtokanavajärjestelmissä tyypillisin IK- luokitus on IK-07. (EN 50085.)

## 5.6 Palonkestävyys

Asennusjärjestelmän palonkestävyyttä voidaan arvioida kahdella eri järjestelmällä. Ensimmäinen ja tärkeämpi tuotteen kaupallistamisen kannalta on sähkötarvikkeita koskeva poltin- ja hehkulankatestin läpäisy. Hehkulankatestissä simuloidaan mahdollista oikosulusta johtuvaa johtimien ylikuumenemista ja kanavajärjestelmän syttyvyyttä sekä paloa ylläpitäviä tai levittäviä tekijöitä. Poltintestissä kappale testataan liekillä käyttöasennossa ja siinä simuloidaan tuotteen syttyvyyttä ja palon levittämismomenteja esimerkiksi oikosulkutilanteessa. (EN 50267).

Toinen palonkestävyyteen liittyvä luokitus on Suomen rakentamismääräyskokoelma E1, joka määrittelee erilaiset palonkestävyysluokat rakennusosille. Kokoelma on rakennustekniikkaa tuntemattomalle melko vaikeaselkoinen ja soveltuu huonosti tuotteiden suunnittelun lähtökohdaksi. Puuinfon julkaisemassa ”Pintojen ja katteiden paloluokat” -julkaisussa on enemmän käytännönläheistä tietoa. Kaiken kaikkiaan paloluokitusten ja niiden käytännön sovellusten ymmärtäminen vaatii syvällistä perehtymistä materiaalitekniikkaan ja muoveihin sekä niiden lisäaineisiin.

(Suomen rakentamismääräyskokoelma E1, Puuinfo 2012.)

## 6. Tarjonta, saatavuus ja tuotteet

Johtokanavat ovat meillä suurelta osin ammattilaiskäyttöön suunnattuja ja tarjonta Tee-se-itse - valikoimissa on melko vähäistä ja laadultaan usein ala-arvoista. Loppukäyttäjän näkökulmasta tuotteiden vertailu ja sisustukseen sovittaminen on melko vaikeaa, koska käytettävissä on usein vain valmistajan teknispainotteisia kuvia tuoteluetteloissa ja esimerkiksi korkeatasoiset huonetilakuvat, joissa johtokanavat asennettuina ovat harvassa. Sisustuslehdet vuorostaan keskittyvät tekstiilien, huonekalujen ja ei-kiinteiden sisustuselementtien esittelyyn. Sähköalan ammattilaislehdet tukeutuvat valmistajien kuvamateriaaleihin, joten loppukäyttäjän valintaa tukeva kuvamateriaalin tarjonta on ohutta ja subjektiivista.



Kuva 6: Hager Tehalit SL johtokanavajärjestelmä ja pistorasia.

Ammattilaisten halukkuudessa tarjota erilaisia tuotteita esimerkiksi remonttia tekevien pienasiakkaille olisi myös kehittämisen tarvetta. Moni asentaja laittaa esimerkiksi remonttikohteisiin itselleen mieluisia tuotteita tai tukkumyyjän varastoista helpoiten saatavia tuotteita yhdistellen eri valmistajien ja tuotesarjojen tuotteita.

Tarjonnassa on siis myös alueellisia eroja, koska alan nouto- ja tukkumyyjät ovat erikoistuneet eri toimittajien tuotteisiin. Sähkötarvikkeiden nettikaupan kehittyminen on jo muuttanut markkinoita, mutta ei juuri ole vielä vaikuttanut loppuasiakkaiden sähkötarvikkeiden laatuun tai tuotemerkkien suosituimmuuteen. Syy johtuu Suomen

sähköasentajien melko vahvasta järjestäytymisestä sekä tuotevastuulaista, joka määrittelee asentajan vastuulliseksi koko asennustyöstä laitteineen. Harva ammattilainen asentaa tuotteita, joissa ei ole sähköturvallisuustestaaajien merkintöjä.

Suomalaiset ostavat Tee-se-itse -sähköasennustarvikkeita selvästi vähemmän kuin esimerkiksi ruotsalaiset. Ruotsissa asennusmääräykset ovat hieman väljempää kuin meillä, jonka lisäksi Tee-se-itse -kauppa on myös osa markkinointia, jolla tehdään tuotteita tunnetuksi.

Tarjonnan runsaus ruotsalaisessa rautakaupassa on huomattavaa vaikka rautakaupan brändi olisikin suomalaista alkuperää. Tuotteiden esittely ja mainostaminen on aktiivisempää myös sisustuslehdissä. Huolimatta naapurimaan väljemmistä tulkinnoista sähköalan onnettomuustilastoissa ei ole suhteessa Suomeen kuitenkaan juurikaan eroa. Molemmissa maissa jatkojohtojen huolimaton käsittely on ollut pitkään kotitalouksissa suurin tapaturmien syy. (Turvatekniikan keskus ja Elsäkerhetsverket).



Kuva 7: Sähkötarvikevalikoimaa ruotsalaisessa rautakaupassa.

## 6.1 Muotokieli

Sähköasennuslistojen ja kanavien muotokieli on läpi koko tuotevalikoiman melko konservatiivista ja tuotteista näkyy voimakkaasti tuotantomenetelmien tehokkuuden ja materiaalin optimoinnin henki. Muovi näkyy ja tuntuu - muovilta. Listoissa ei ole käytetty pintakäsittelyitä eikä extruusio-muovauksen jälkeen juurikaan kiillottavia tai pintastruktuureja muodostavia muototyökaluja. Listat ovat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta hyvin suorakulmaisia ja teknishenkisiä tuotteita. Harvojen

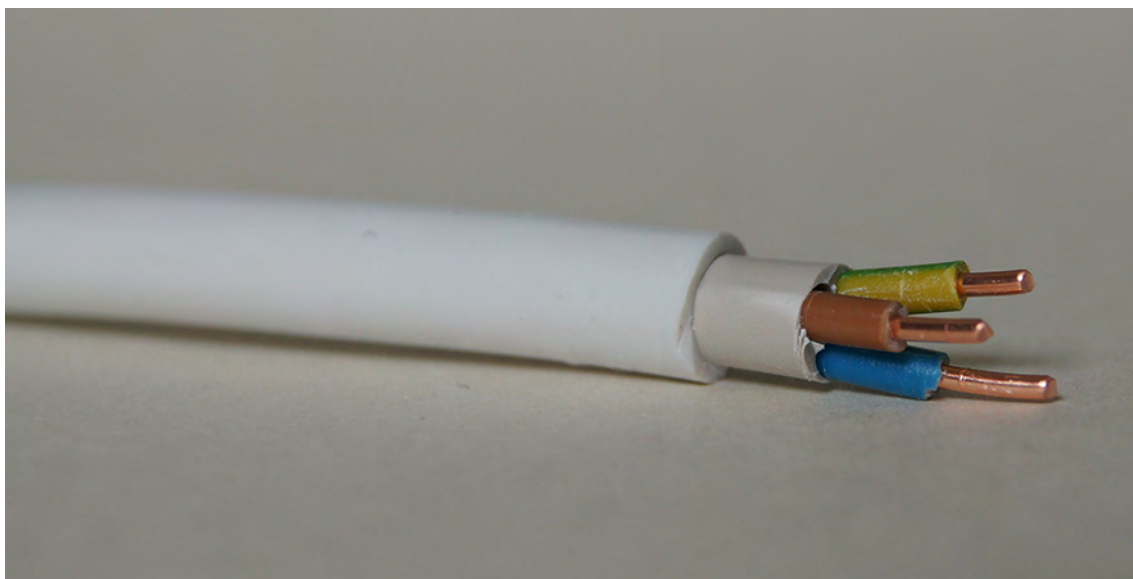
pyöristetyin muodoin tehtyjen tuotteiden muotojen ongelmaksi taasen muodostuu liitoskappaleiden ulkoasu, eikä miellelyhtymiä esimerkiksi viemärijärjestelmistä tuttuun muotokieleen voi välttää.

## 6.2 Mitoitus ja valikoima

Tarkennetun aihealueeni mukaisesti keskityn jalkalistoina käytettäviin ja seinälle kiinnitettäviin johtokanavajärjestelmiin, joiden nimitys vaihtelee valmistajittain. Yleisin nimitys on minikanava.

### 6.2.1 Syvyys

Kanavien asentajan kannalta tärkein tekijä on kanavan sisään jäävä tila, johon kaapelit asennetaan. Yleisimmät huonetilojen pintavedoissa käytettävät kaapelit esimerkiksi huoneisto- ja pientalojen sähköremonteissa ovat kaapelityypit 3 x 1,5 mm<sup>2</sup> ja 3 x 2,5 mm<sup>2</sup>. Näiden tyypillisimpien kaapeleiden halkaisija on 9–11 mm. Joissakin valaisin- ja kytkinlinjoissa on myös useampijohtimisia kaapeleita. PVC-kuorisen kaapelin halkaisija on yleensä 2–3 mm pienempi kuin halogeenivapaan kaapelin. Samoin PVC-kuorisen kaapelin taivutussäteet kerta- ja jatkuvassa taivuttelussa ovat pienemmät. Jäykempi halogeeniton polyolefiinikaapeli tarvitsee siis enemmän tilaa kulmien ympäri menevissä kaapelivedoissa. (Reka-Kaapelit Oy 2014.)



Kuva 8: Tyypillinen kolmijohtiminen MMJ-kaapeli.



Asennuskanavien kokonaissyvyys asennettuna ja kansi kiinni vaihtelee 12–20 mm välillä riippuen kanavan leveydestä. Materiaalivahvuus PVC -muovisissa tuotteissa on keskimäärin 1,0–1,5 mm, jolloin syvyydeltään pienimmän kanavan sisään mahtuu 3 x 1,5 mm<sup>2</sup> MMJ-kaapeli. Puu ja puukuitulistoissa, joissa on johtoura takana, tyypillinen kokonaissyvyys on 19 mm. Listan johtourassa on tilaa yleensä yhdelle 3 x 1,5 mm<sup>2</sup> MMJ-kaapelille. Leveämmissä johtourallisissa listoissa on lisäksi pienempi tila esimerkiksi antennikaapelille erillisessä urassa.

## 6.2.2 Pituus

Varastoinnin ja kuljetuksen kannalta eniten haasteita asettaa kappaleiden pituus. Tyypillisin muovimateriaalista valmistetun asennusjärjestelmän pisin kappale on 2100 mm. Pidempien kappaleiden käsittely ja kuljetus on haastavaa paitsi asentajille myös koko logistiikkaketjulle.

Huomattavaa on, että esimerkiksi pakkauslavojen mitat Euroopan sisäisessä liikenteessä on 1200 mm x 800 mm ja suositeltu korkeus alle 1200 mm. Eurolavojen standardiin perustuvat myös kontit ja kuorma-autojen lavat ja varastointijärjestelmät ympäri Euroopan. Pidempien kappaleiden käsittely vaatii aina erityisjärjestelyjä ja niiden logistiikan hinta on yleensä korkeampi kuin standardilavoille mahtuvien tuotteiden.

Puu- ja puukuitulistat rautakauppojen ja nettikauppojen valikoimissa ovat jopa 2,7–3,3 metriä. Puulistojen logistinen ketju on Suomessa hieman erilainen tuotteen materiaalista ja hinnasta johtuen. Listavalmistajat toimittavat tuotteensa suoraan kaupan hyllyyn, tuotteet eivät siis välttämättä kierrä tukun tai keskusvaraston kautta. Rautakauppojen valikoiman lisäksi on myös pieniä tai keskisuuria alueella toimivia höyläämöjä, joista saa sekä perusvalikoiman tuotteita että mittatilaustyönä tehtäviä listoja.

Muutaman valmistajan valikoimissa on myös rullalla myytävää PVC-muovista valmistettua johtokanavaa. Kanavan ehdoton etu on logistiikassa. Tuote pakkauksineen vie tilaa äärimmäisen vähän. Rullalla myytävän asennuskanavan suoraan asennus sen sijaan voi olla melko haastavaa, vaikka etuna on esimerkiksi

kaareville seinäpinnoille asentaminen. Pehmeä materiaali on myös alttiimpi likaantumiselle ja kemialliselle vanhentumiselle.



Kuva 9: Hager Tehalit LFR rullakanava.

### 6.2.3 Leveys

Jalkalista-asennuksiin tarkoitettujen johtokanavien leveysmitat ovat tavallisesti 30 – 80 mm leveitä. Mitä useampi leveys valikoimassa on sitä enemmän erilaisia lisäosia tai liitoskappaleita tarvitaan. Suomessa uudisrakennuksissa käytetyt puiset tai puukuidusta valmistetut jalkalistat ovat tyypillisesti 12 mm x 42 mm. Leveimmät valmislistat ovat yleensä muotolistoja mutta puulistojen paksuus on yleisesti 12 mm. Vanhoissa taloissa asennetut listoitukset ovat 15–16 mm.

## 7. Kanavaelementin suunnittelua

Kokemuksieni mukaan puumateriaalista tehtyjen kaapelikanavien asennustyö perustuu aina paikalla tehtyihin ratkaisuihin ja vaatii sähköasentajien normaalien työkalujen lisäksi kirvesmiehen työvälineet. Koska asennustyöhön tarvitaan korjausrakentamisen kohteissa jopa kaksi ammattihenkilöä, hinta on moninkertainen teollisiin muovisiin sähköasennuskanavatuotteisiin verrattuna.

Nähdessäni UPM Grada muotovanerin Kymenlaakson Ammattikorkeakoulun harjoitustöiden materiaalina talvella 2013 yhdistyi mielessäni kaksi asiaa, joita olin pohtinut pitkään: Aito puu ja johtoasennuskanava. Mietin miten

muovituoteteollisuuden käyttämät snappiliitokset olisi mahdollista liittää ohueen taivutettuun vaneriin ja näin saada valmistettua puupintainen johtokanava, jonka asentaminen olisi verrattavissa muovisiin jo markkinoilla oleviin tuotteisiin.

Ensimmäinen yhteydenotto UPM Grada muotovanerin valmistajaan tapahtui marraskuun 2013 lopussa ja sain lisää tietoa nimenomaan mieltäni eniten askarruttaneisiin asioihin kuten taivuttamiseen, muodon tarkkuuteen ja palonsuojaukseen (Tilli, 2013).

Luettuani UPM Grada muotovanerin taustalla olevat patentit ja haastateltuani muovien kemiaan ja materiaalitekniikkaan erikoistunutta henkilöä voisiko puuviilun polyeteenipohjaisen Gradan ja esimerkiksi polypropeenin välillä olla kemiallisesti mahdollinen. Saatuani käsityksen mahdollisuuksista ja viitteitä käytettävistä lämpötiloista lähdin kokeilemaan erilaisia materiaaliyhdistelmiä kotikeittiön välineistöä hyödyntäen. Kokeiden tarkoitus oli saada omakohtaista kokemusta materiaalista.

## 7.1 Materiaalikokeita

Materiaalikoesarja koostui yhteensä kuudesta erilaisesta kokoonpanosta ja taivutuksesta. Koekappaleet olivat 100 mm x 100 mm kokoisia paksuuden vaihdellessa 2,5–4 mm välillä, riippuen kerrosten määrästä ja laadusta. Viilu oli kaikissa koepaloissa leikattua saarniviilua ja polypropeeni oli 0,8 mm paksuista läpinäkyvää laatua. Liima-aineena oli UPM Grada liimakalvo jokaisen kerroksen välillä.

Lämpötilat tarkastin infrapunälämpömittarilla. Käyttämäni mittari oli kalibroimaton ja tarkempaan mittausvälineeseen verrattuna se näytti noin 2 °C astetta pienempää lämpötilaa. Tarkkuus oli kuitenkin riittävä, koska valmistajan antamassa ohjeessa oli annettu liima-aineen toiminta-alueeksi 130–145 °C astetta.

Lämpöelementtinä käytin kahta vuolukivilevyä, koska ohjeen mukaan lämpötila tuli pitää tasaisena koko lämmitysajan. Levyt lämmitin uunissa noin 145–150 °C asteeseen. Koetilanteessa viiden minuutin kuluttua ylemmän kivilevyn yläpinnan lämpötila oli

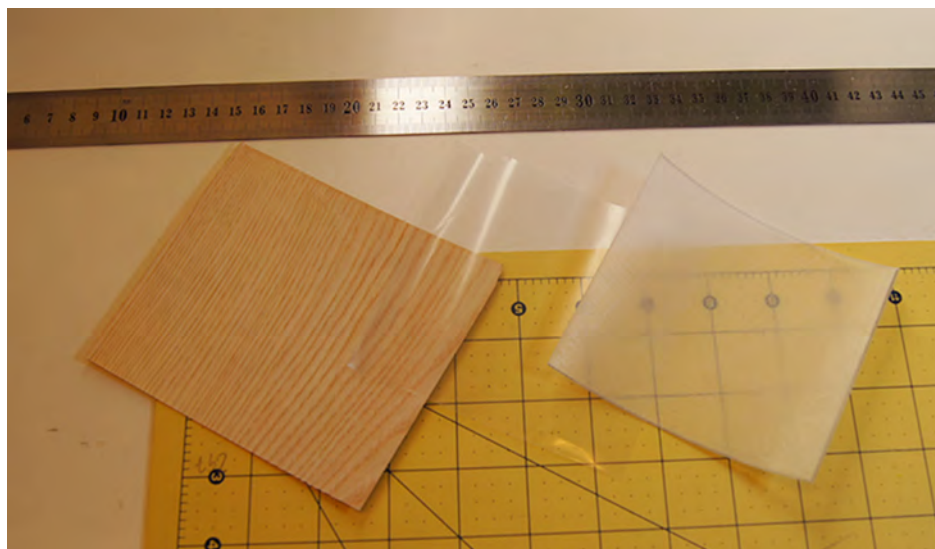
noin 130–135°C astetta ja koekappaleen pintalämpötila 135–140°C astetta. Sisälämpötiloja en kyennyt mittaamaan, joten lämmitysaika perustui yleisohjeeseen.

Polypropeenin sulamislämpötila on 162°C astetta ja UPM Grada liimakalvon vaatima sisälämpötila muotopuristeessa on 130–140°C astetta. Jotta liitos olisi onnistunut kahden muovin välillä, pitäisi molempien muovien olla lähellä sulamispistettä, mutta ei palaa.

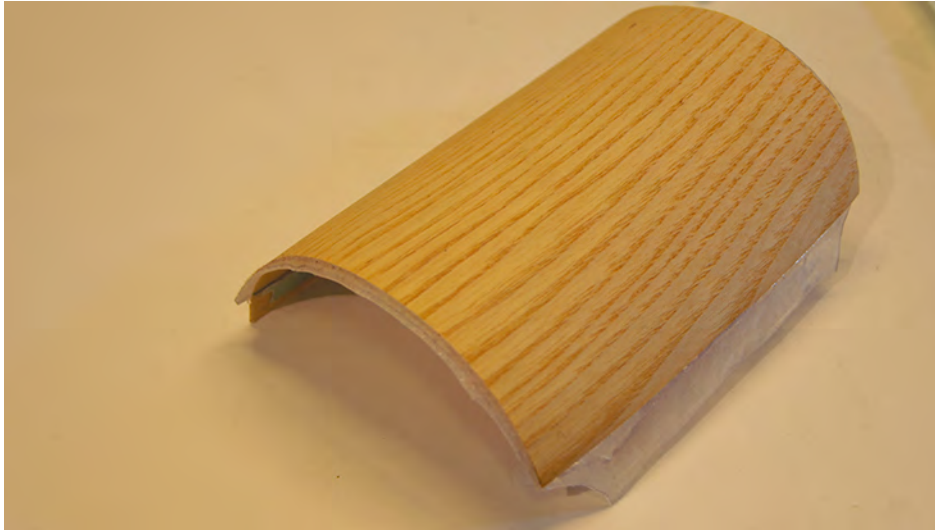
Ohuissa koekappaleissa liitos oli pitävä viulun ja polypropeenin ja Grada -liimakalvon välillä. Koekappaleissa, jossa polypropeeni oli ulommaisena materiaalina, liimaus irtosi helposti. Muovikalvon alla oli selvästi nähtävissä olevia kaasukuplia. Liitos kesti myös vedessä kastelun ja vasta usean taivutuskerran jälkeen puuviilu murtui, muovi sen sijaan pysyi ehjänä.

Testisarja vahvisti käsityksiäni materiaalin toimivuudesta ja käyttökelpoisuudesta aiottuun johtokanavajärjestelmään, vaikka muovin lämmitys sulamislämpötilan lähelle voi myös aiheuttaa epätarkkuuksia esimerkiksi snappiliitoksissa, joka oli osa alkuperäistä tuoteidea.

Vaikka materiaalikoesarjassa onnistuinkin polypropeenin liitoksessa puuviiluun UPM Grada liimakalvon avulla, tuotannollistaminen näillä tiedoilla ei ole kovin todennäköistä ja vaatii tarkempia kokeita materiaalin parissa.



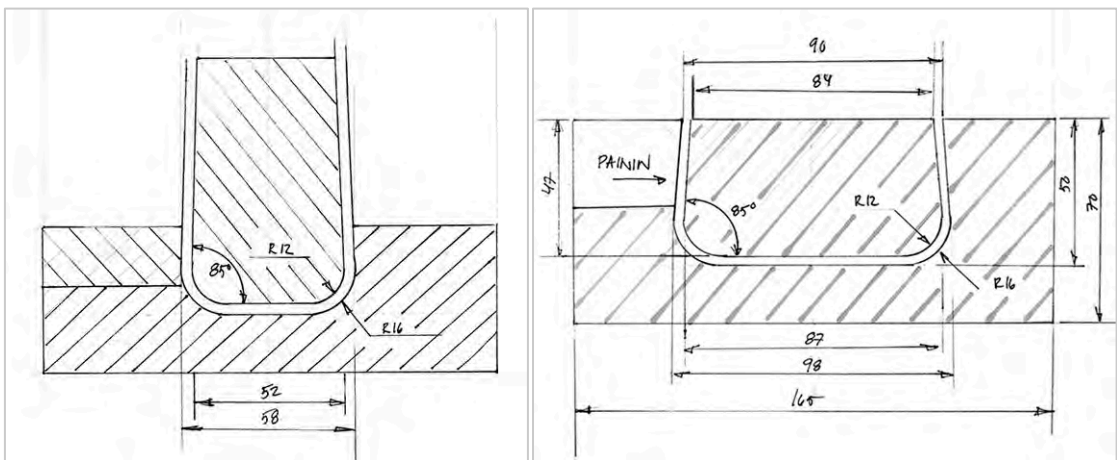
Kuva 10: Puuviilu, UPM Grada liimakalvo ja testissä käyttämäni polypropeenimuovi.



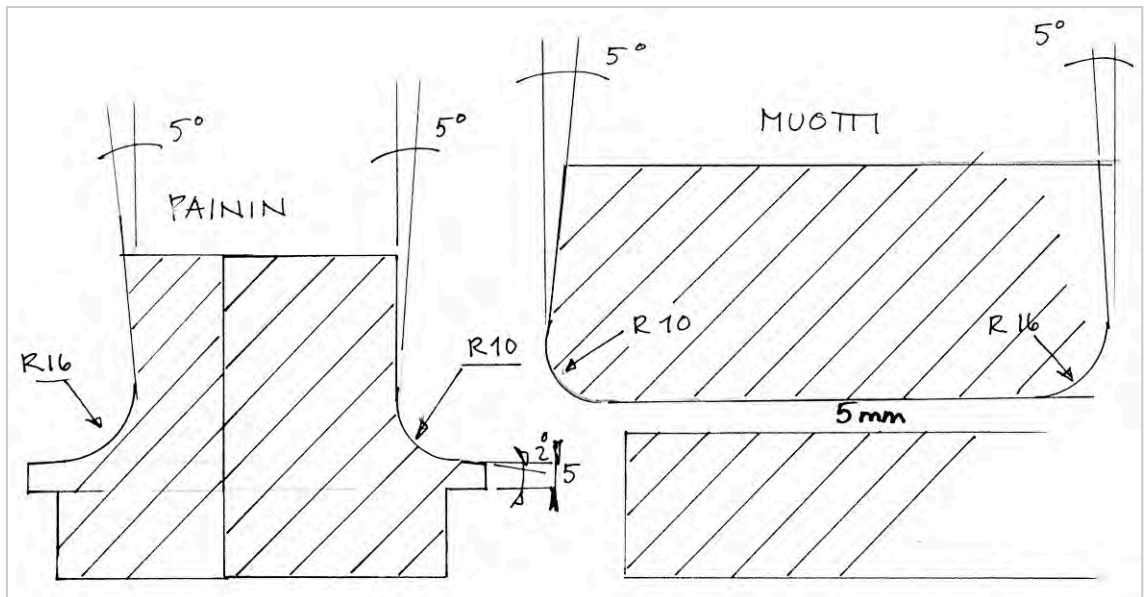
Kuva 11: Ohuin taivutuskoe, jossa keskellä on polypropeenikerros.

## 7.2 Muotit ja koetaivutukset

Onnistuneiden koekappaleiden perusteella tein yhteensä neljä taivutusmuottia puusta. Kaksi ensimmäistä muottia olivat kahdella erilaisella pyöristyssäteellä ja leveydellä olevia puristusmuotteja (kuva 12). Muotit tein vaihdettavilla muotokappaleilla säästääkseni materiaalikuluissa. Kolmas oli muodon ympäri taivuttamiseen perustuva taivutusmuotti, jossa viilut pujotettiin kapeaan rakoon ja taivutettiin ja puristettiin paininkappaleen ja käsipuristimien avulla muotoon (kuva 13). Muotissa oli kaksi erilaista taivutussädettä.



Kuva 12: Puristusmuottien työpiirustuksia.



Kuva 13: Ulkopuolisen työpiirustuksen taivutusmuotti.

### 7.3 Ensimmäinen koesarja

Ensimmäinen koesarja muodostui varsinaisesta UPM Grada muotovanerista ja itse kootuista viilupaketeista, joissa käytin ohuempia viiluja ja erillistä Grada liimakalvoa. Ensimmäisessä koesarjassa muottien pyöristyksen säde oli 16 mm ja muodon palautumista ennakoiva kallistus 5 astetta.

Kolmikerroksisen noin 4 mm paksun UPM Grada muotovanerin viilut eivät kestäneet taivutusta haluamaani säteeseen kummallakaan muottityypillä. Pinta rikkoutui molemmissa muoteissa tehdyissä kappaleissa. Viilujen paksuus on Grada muotovanerissa noin 1 mm ja viilu on tyypiltään sorvattua viilua.

Itse kootuissa laminointiaihioissa viilujen paksuus oli noin 0,6 mm. Viilut olivat tyypiltään leikattuja viiluja. Näillä ohuemmilla viiluilla tehdyt kokeet onnistuivat taivutuskestävyyden osalta kohtuullisesti ensimmäisellä kouru-painin muottityypillä. Pintaviilujen kosteutta lisäämällä taivutuskestävyys suureni merkittävästi.

Yleisesti ottaen koekappaleet, joissa oli polypropeenikerros muovautuivat helpommin, mutta olivat melko hankalia käsitellä, koska kerrokset pyrkivät kuumana liukumaan toisiaan vasten. Kappaleet tuntuivat myös jäähtyvän ja asettuvan muotoonsa hitaammin kuin ainoastaan puuviiluista tehdyt koekappaleet.

Ensimmäisen muotin ongelmana oli ulkopinnan repeäminen, jos viilupaketti oli painamisen alussa vinossa. Polypropeenikerroksen sisältävät viilupaketit asettuivat ja puristuivat hyvin muottiin.

Toisen muottityypin suurimmaksi haasteeksi ilmeni puristusjärjestys. Muotin pituus oli 50 cm ja puristus tuli suorittaa kolmella käsipuristimella. Aloitettaessa oikealta laidasta, vasemman päädyn pyöristykseen säde palautui enemmän. Vastaavasti vasemmalta aloitus aiheutti oikean puolen suuremman palautumisen. Keskeltä puristamisen aloitus oli yksin tehdessä haasteellista, mutta tulos oli kuitenkin paras.



Kuva 14: Ensimmäisen koesarjan profiileja mittatarkistuksen jälkeen.

#### 7.4 Toinen koesarja

Kokeiltuani ensimmäisen koesarjan kappaleita, joiden säde oli 16 mm, pahviseen malliseinään pinnallisen pistorasian kanssa päätin kokeilla vielä hieman jyrkempää taivutusta. Taivutuksen säteeksi valitsin 10 mm.

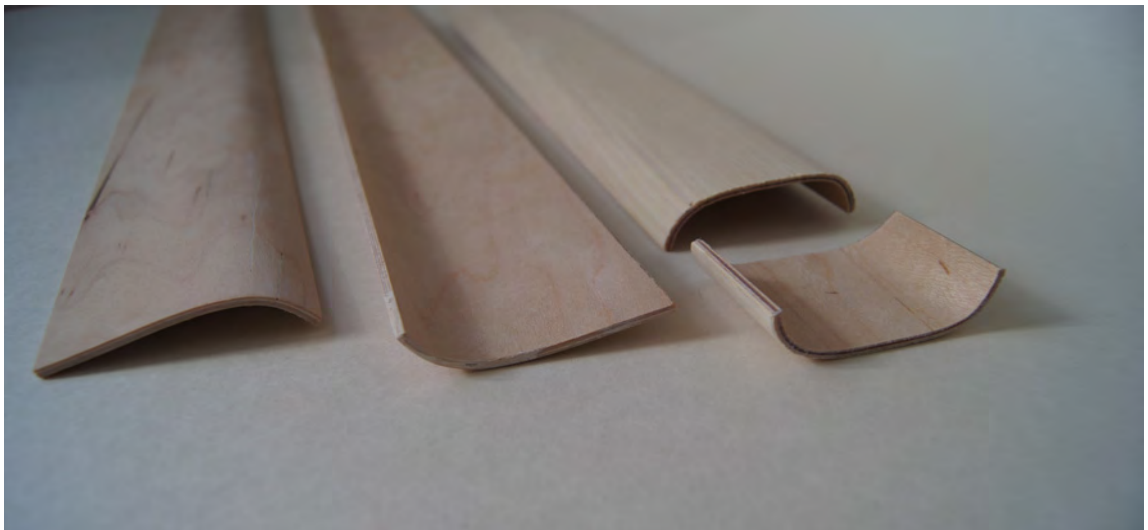
Syy kokeilun jatkamiseen jyrkemällä taivutuksella oli lähinnä asentamiseen ja mahdollisen valmiin tuotteen käyttökelpoisuuteen liittyvät tekijät. Pistorasian pohja on helpompi asettaa suurempaa pintaa vasten ja kaapelit joiden halkaisija on 9–11 mm peittyvät kokonaan rasian ja jalkalistan välillä.

Toista koesarjaa varten tein vain yhden uuden painimen, muut muottiversiot sain modifioimalla ensimmäisiä muotteja.

Ensimmäisestä koesarjasta oppineena kostutin kuivan tuntuisia taivutettavien kappaleiden pintaan tulevia viiluja ennakkoon suihkuttamalla niiden pintaan kevyesti vettä, puristamalla ne vanerilevyjen väliin ja laittamalla ne ulkotiloihin muovipussissa noin tunniksi. Testi oli täysin epätieteellinen, mutta perustui materiaalituntemukseeni ja saatuihin kokemuksiini edellisistä puristuksista. Yllätyksekseni testattavat materiaalit toimivat hyvin ja puristusjärjestelytkin olivat helpompia kokemuksiini lisääntyneitä sekä puristusjärjestyksestä että materiaalista yleensä.

Puristetut kappaleet onnistuivat hyvin yläreunan pyöristyssäteen osalta eikä aihoiden käyristyminen 50 cm matkalla ei ollut liian suurta. Yhteen suuntaan koottujen viilupakettien joustavuus ja toisaalta jäykkyys tuntui käyttökelpoiselta. Oikeaoppisesti kootut ja liimatut profiilit, joissa viilujen kerrosten syiden suunnat ovat tasapainossa, olivat käyttötarkoitukseen liian jykkiä.

Koesarjan perusteella saatujen kokemusten perusteella tuoreista viiluista koneellisesti puristaen voi olla mahdollisuuksia yksipuolisen profiilin vielä jyrkempään taivutukseen ja huolellisella materiaalien valinnalla ja tarkoitusta varten suunnitellulla ja valmistetulla taivutusmuotilla saa riittävän suoraa ja mittatarkkoja profiiliaihioita. Samoin laminaatin kerrosten paikallinen ohentaminen tai katkaisu ennen puristusprosessia voisi helpottaa jyrkempien muotojen saavuttamista rakennetta heikentämättä.



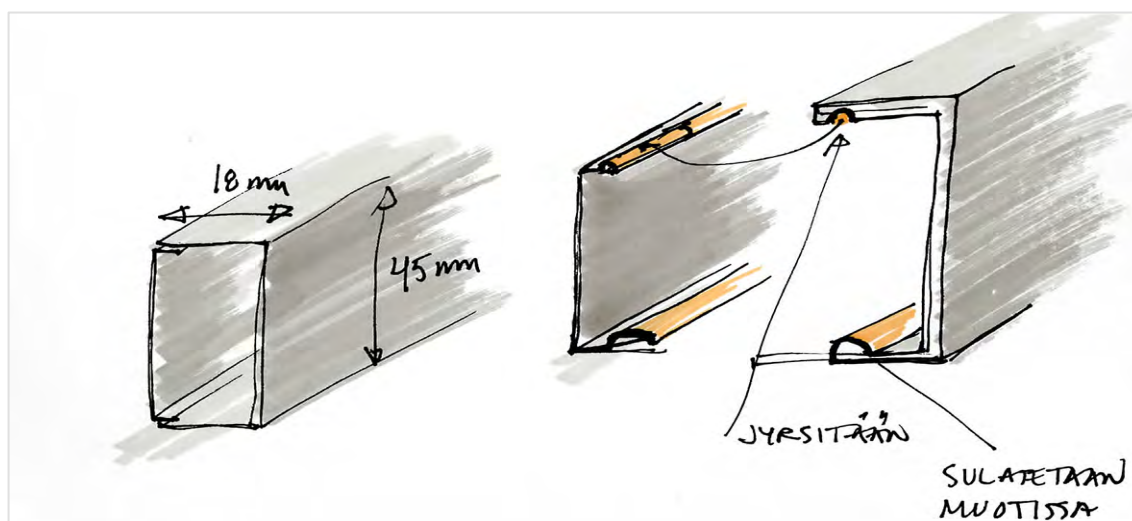
Kuva 15: Toisen koesarjan profiileja ennen kiinnitysmekanismien kokeiluja.



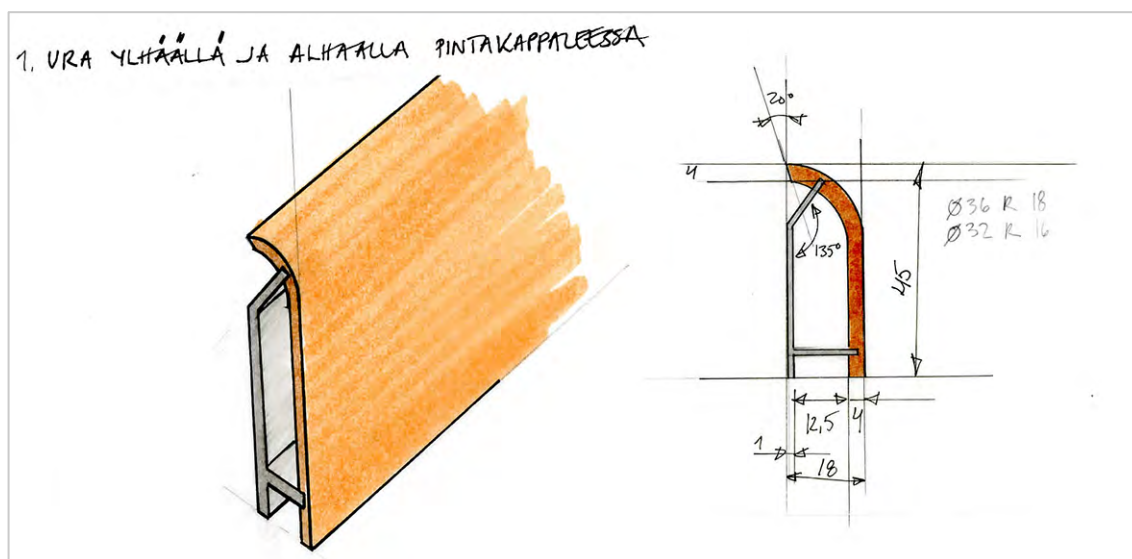
## 8. Kiinnitysmekanismin suunnittelua

### 8.1 Pohja ja kansi -konstruktio

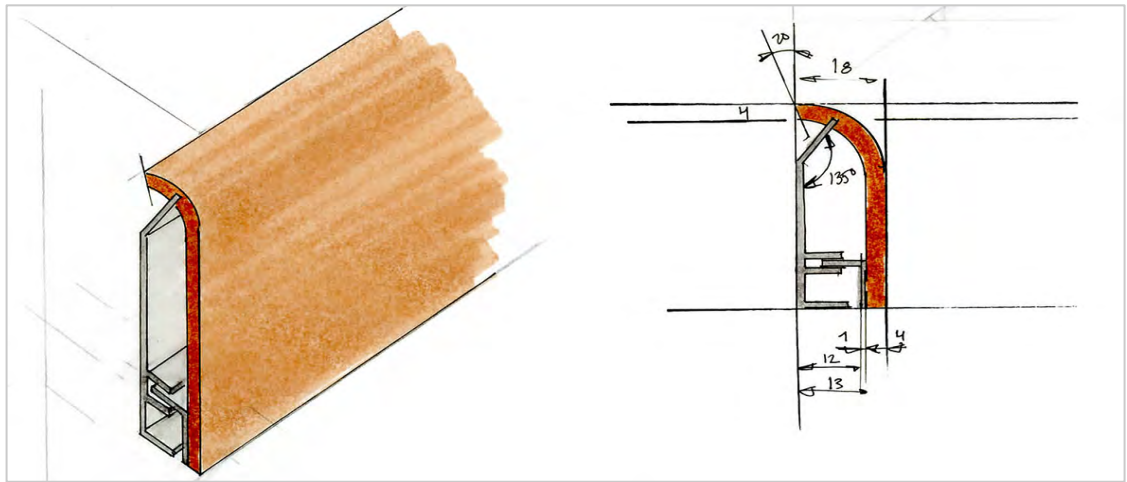
Kiinnitysmekanismin suunnittelun aloitin keräämällä tietoa olemassa olevista tuotteista ja miettimällä tehtyjen mallikappaleitten työstömahdollisuuksia esimerkiksi jyrsimällä uria tai liimaamalla lisäosia, jotta vastaavankaltaiset liitokset olisivat mahdollisia. Tavoitteena oli saada hyvin toimiva snappiliitos muovista valmistettujen kanavajärjestelmien tapaan. Ensimmäiset luonnokset ja kokeilut perustuivat runko ja kansi yhdistelmään.



Kuva 16: Kiinnitysmekanismin luonnostelua 1.



Kuva 17: Kiinnitysmekanismin luonnostelua 2.



Kuva 18: Kiinnitysmekanismin luonnostelua 3.

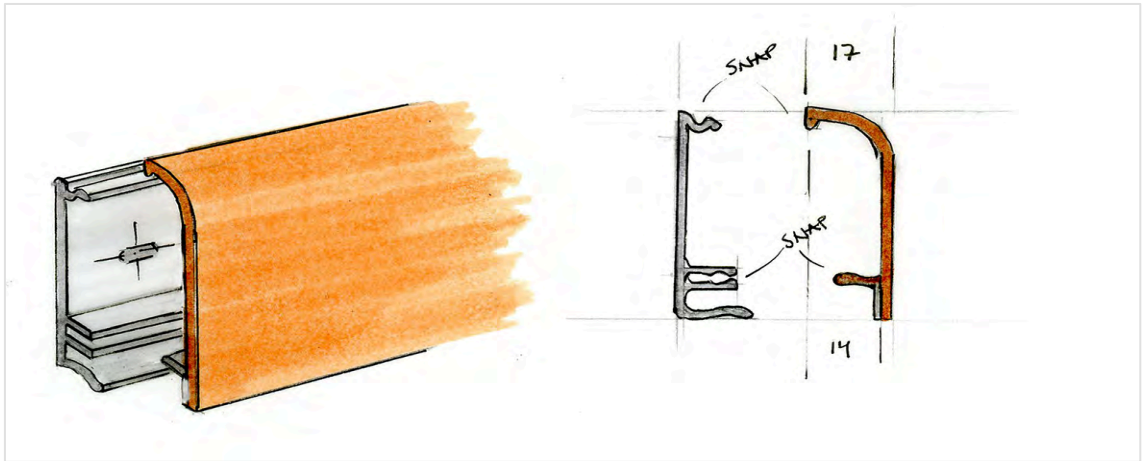
Urien tekeminen materiaaliin, jonka paksuus on vain noin 3 mm, on haastavaa, koska snappiliitosten mekaniikka vaatii tarkkarajaisia muodoltaan syvyysuuntaan leveneviä syviä uria ollakseen riittävän pitäviä. Vaikka ura olisikin ollut mahdollista tehdä, puuviilu on liian ohutta kestääkseen liitokseen painamisen voiman.

Ainoaksi vaihtoehdoksi jäi siten lisäosien liittäminen profiiliin snappimekanismia varten.

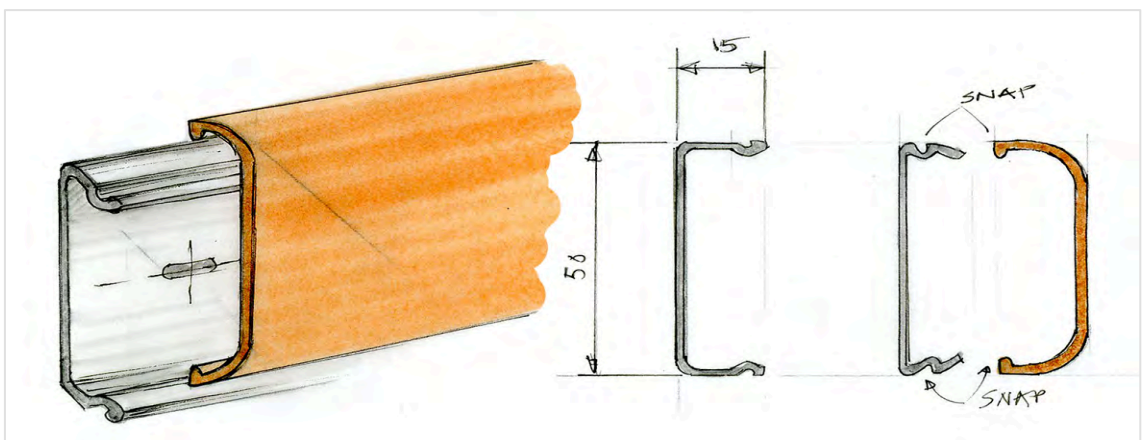
Olemassa olevien PVC-muovisten tuotteiden snappiliitoksissa oli huomattavan erilaisia ratkaisuja. Yhteistä näille tuotteille oli, että pohja ja kansi olivat jäykkyydeltään ja materiaaleiltaan samanlaisia. Testaamani puu-komposiittimateriaali on kuitenkin jäykempi kuin yksikään muovinen vastaava, joten PVC-tuotteiden liitoksissa käytetyt suhteellisen suuret liitoskynnykset aiheuttaisivat asennustyössä liian suuren taivutuksen kansiosan materiaalille. Tutkimusteni pohjalta tein koeliimauksia muutamia taivutuskoekappaleisiin, joita olin tehnyt aiemmin. Yhtä PVC-muovista valmistettua esimerkkituotetta käytin havainnollistamaan snappiliitosten kokoa ja mahdollisia ongelmakohtia liitoksen tarkkuudessa.



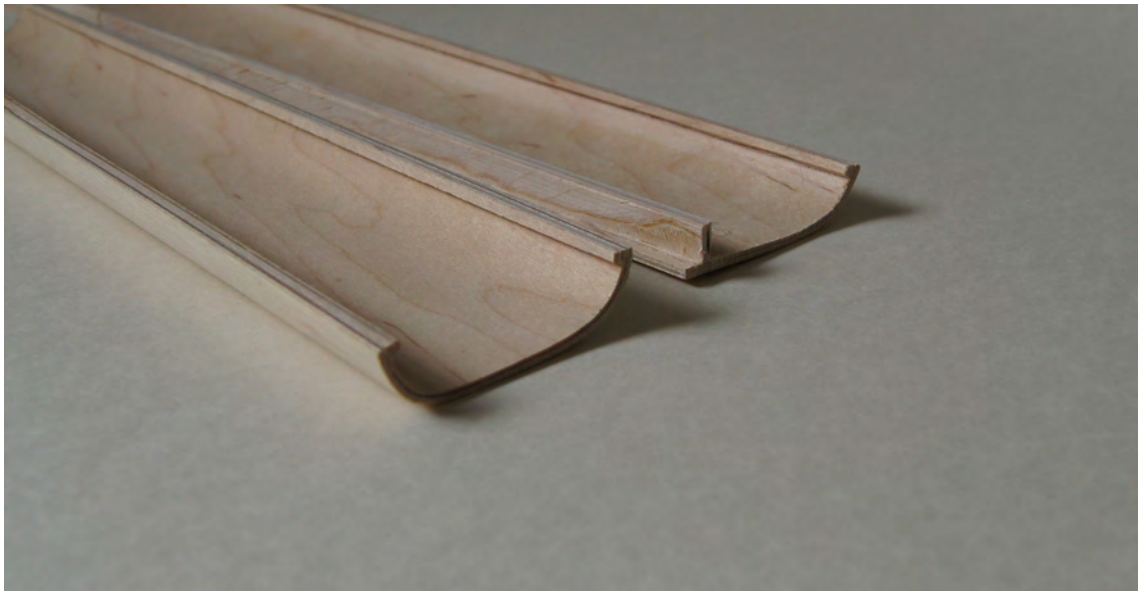
Kuva 19: Snappiliitosten malleja yhdessä muoviosassa.



Kuva 20: Kiinnitysmekanismin luonnostelua 4.



Kuva 21: Kiinnitysmekanismin luonnostelua 5.



Kuva 22: Koekappaleisiin lisätyt snappiliitoksien ulokkeet.



Kuva 23: Kokeilu PVC-muovisen pohjalistan päälle.

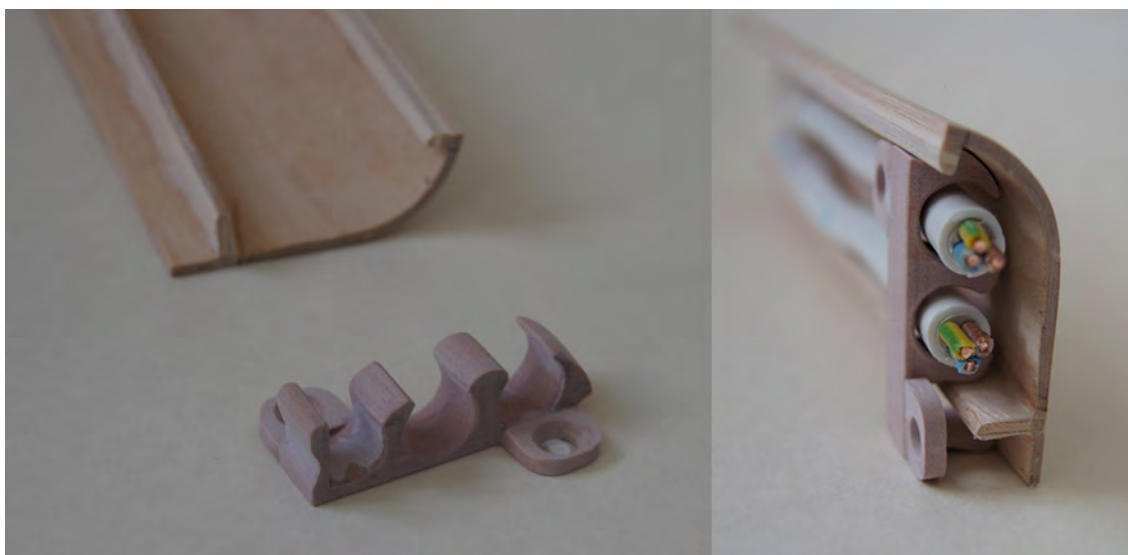
## 8.2 Kiinnike ja kansi -konstruktio

Seuraavat kokeiluni perustuivat ajatukseen, että koteloinnin ei tarvitse aina olla kokonaan suljettu. Tämä ratkaisu mahdollistaisi tietyissä tapauksissa myös vanhojen asennusten peittämisen Tee-se-itse -työnä kajoamatta asennuksiin.

Markkinoilla olevista tuotteista esimerkiksi Primon valmistama PVC-muovinen lista perustuu kiinnike ja kansi- konstruktioon. Primon valmistamien listojen kiinnitysidea ei varsinaisesti perustu snappiliitokseen, vaan kansi pujotetaan kiinnikkeeseen yläkautta ja painetaan lattiaa vasten. Kiinnitys on nopeaa, mutta materiaalin jäykkyysominaisuuksista johtuen listan yläreuna lähtee helposti seuraamaan lattian epätasaisuuksia, jos lista painetaan ilman linjaustyökaluja paikalleen. Omassa ideoinnissani johdot kulkevat kiinnikkeen etupuolella ja kiinnikkeet ovat säädettäviä poiketen esimerkiksi Primon valmistamasta mallista.



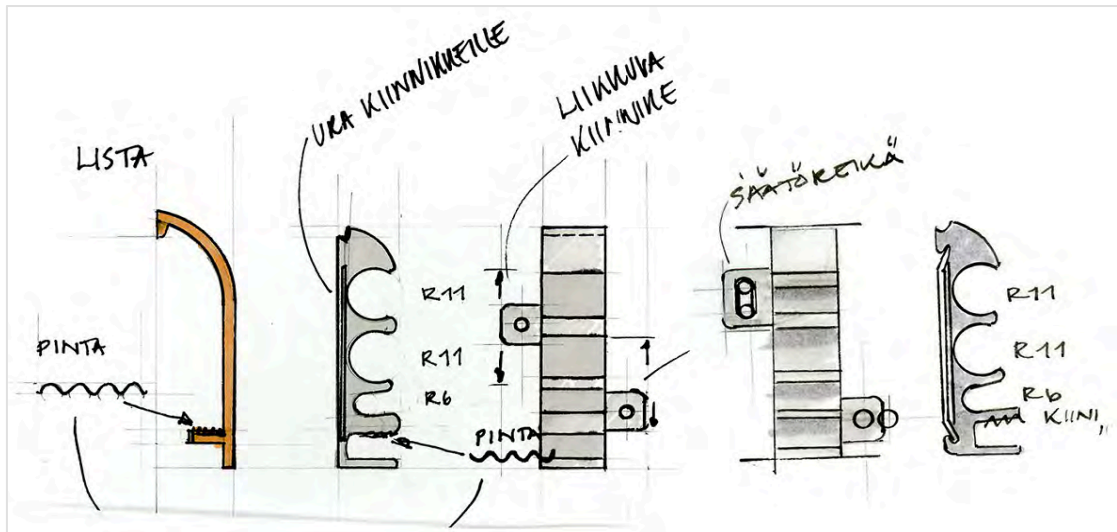
Kuva 24: Asennuslista ja kiinnikkeet Primo Classic 5076.



Kuva 25: Kiinnikkeen ideointia.

Luonnollisesti tässä kiinnikkeellisessä mallissa on ajatuksena käyttää samoja muotopuristetta kuin pohjalistallisessa versiossa.

Saatujen käyttäjäkokemusten mukaan kiinnikkeitten laittaminen seinään on haasteellista jos kyseessä on vanhempi talo, jonka seinien ja lattioiden suorudessa on toivomisen varaa. Esimerkkinä MDF-listat ja kiinnikkeet, joiden kiinnikkeistä puuttuu säätämisen mahdollistava pidennetty reikä sekä vaaka- että pystysuoraan säätämiseen.



Kuva 26: Kiinnikekappaleiden ideointia.

## 9. Kulmakappaleiden suunnittelua

Hyvienkin asennuskanavajärjestelmien esteettisyys on kyseenalaista, jos kulmakappaleiden suunnittelussa on oiottu tai haluttu liikaa toimintoja samaan kappaleeseen. Kaikkien olemassa olevien johtokanavajärjestelmien kulmakappaleet ovat päälle laitettavia. Kappaleiden sisään jäävä pituussäätö helpottaa asentajaa, mutta korottaa listan materiaalin vahvuudelta kulmien kohdalta.

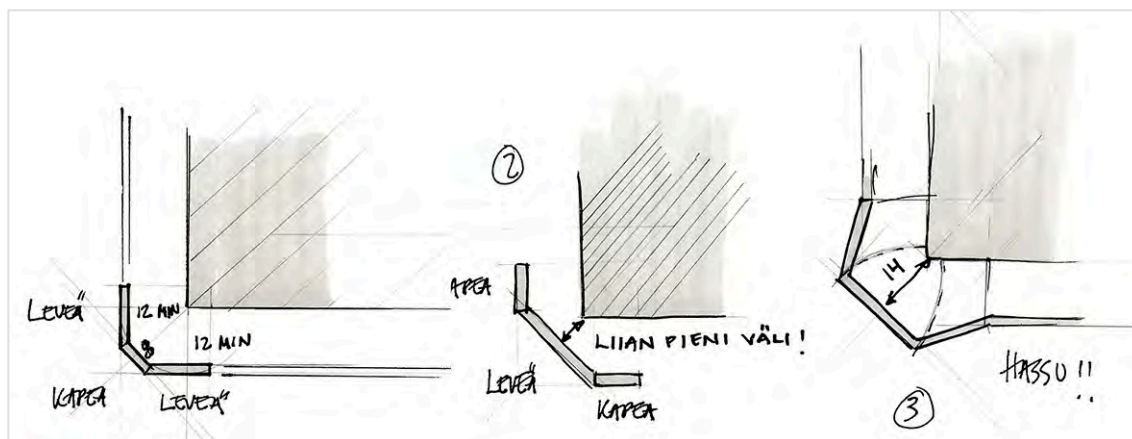
### 9.1 Kaapeleiden taivutus nurkissa

Yleisimmät asuintiloihin tehtävien pinta-asennuksien kaapelityypit ovat  $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$  ja  $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ . Näiden tyypillisimpien kaapeleiden halkaisija on 9–11 mm. PVC-muovisten kaapeleiden pienin taivutussäde kertataivutuksissa vaihtelee 25–30 mm välillä. Vastaavien halogeenittomien kaapeleiden halkaisijat ovat 10,5 mm ( $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ ) ja 12 mm ( $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ ) ja taivutussäteet 30–40 mm. (Reka-Kaapelit Oy 2014, Hannu Pulkkinen 2014.)

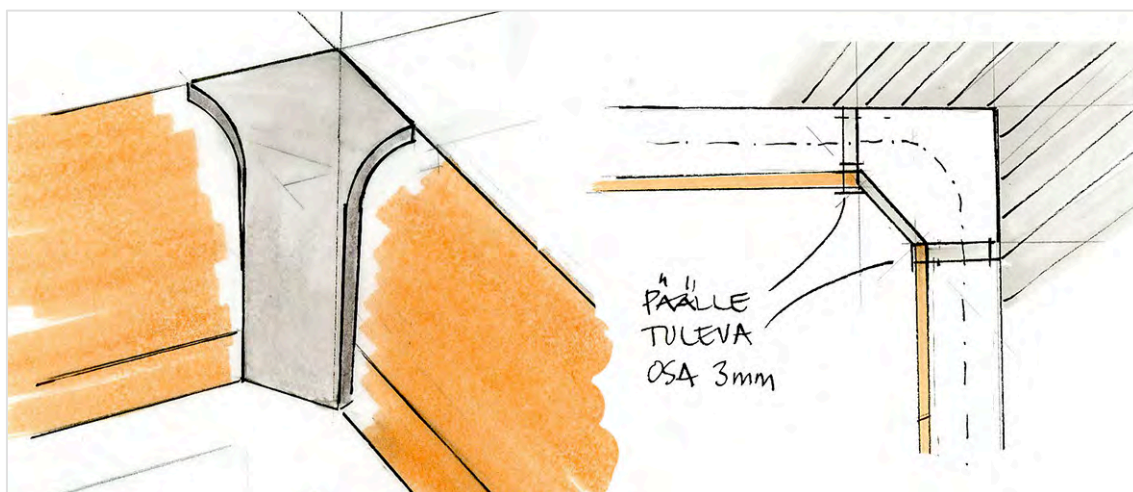
Valmistajan antamat arvot eivät kuitenkaan kerro, miten tuohon taivutussäteeseen päästäisiin joka kerta ensiyrityksellä, siististi ja ilman kaapeliin jääviä epätasaisia mutkia. Tämän vuoksi kulmakappaleisiin on hyvä suunnitella hieman lisätilaa ja varmistaa kiinnityksen lujuus kiinnikkeeseen, jos kaapeleita joutuu painamalla asettelemaan nurkan ympäri.

## 9.2 Kulmakappaleiden mitoitus

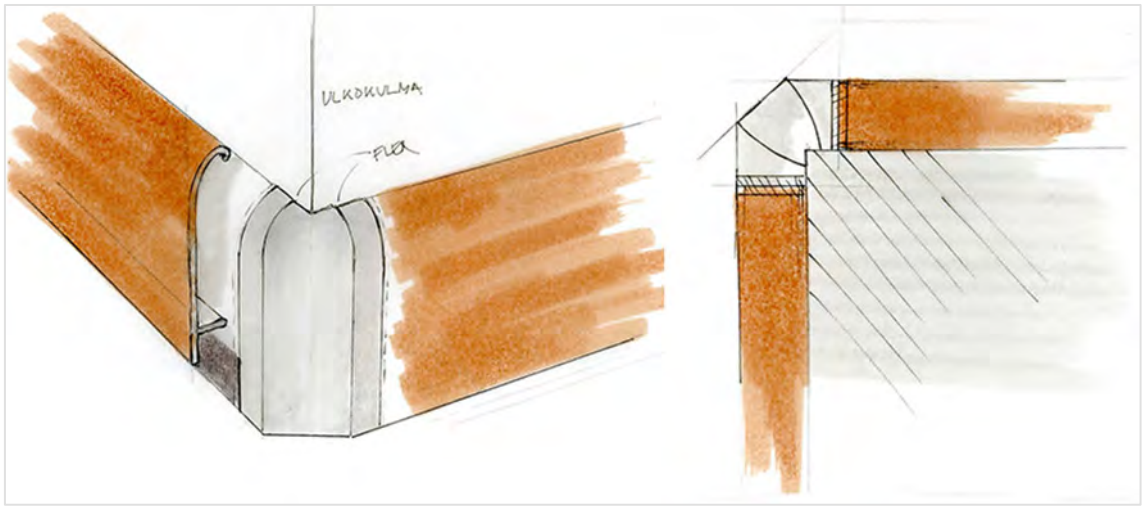
Kulmakappaleiden mitoitus on riippuvainen ennen kaikkea johtokanavan sisään tulevien kaapeleiden halkaisijasta. Toinen haastava tekijä oli oma haluni suunnitella osia, jotka olisivat luonnollinen osa ylälaidasta kaartuvaa listaa. Jo luonnosteluvaiheessa minulle selvisi, miksi niin moni johtokanava on muodoiltaan suorakulmainen: Kaareviin listoihin sopivat kulmakappaleet ovat haasteellisia suunniteltavia.



Kuva 27: Kulmakappaleen ideointia.



Kuva 28: Kulmakappaleiden ideointia.



Kuva 29: Kulmakappaleiden ideointia.



Kuvat 30 ja 31: Kulmakappaleiden ideointia.

## 10. Tuotekonseptoinnin johtopäätökset

Johtokanavajärjestelmät sisältävät yleensä useita osia ja kokoonpanoja eri tarkoituksiin. Tämän konseptisuunnittelun tavoitteena oli saada lähinnä jalkalistana käytettävistä minikanavista kartoitus, jonka pohjalta voidaan jatkaa yksityiskohtaisempaa suunnittelua.

Tuotekonsepti on otettu hyvin vastaan kohderyhmissä, joita olen haastatellut, mutta tuotevalikoimaa tulee vielä tarkentaa asiakas- ja käyttäjätutkimuksen pohjalta saadun palautteen perusteella. Tarkemmassa suunnittelutyössä tulee myös perehtyä CE-merkin vaatimukseen rakennus- tai sähkötarvikkeena, ja testata tuote direktiivien ja standardien mukaisin testein.



## 11. Projektin jatkuminen

Tähän lopputyöhöni sisällytettyjen käyttäjätutkimuksen, materiaalikokeiden ja niiden pohjalta tehdyn tuotekonseptoinnin pohjalta jatkan johtokanavajärjestelmän osien suunnittelua ja tuotannollistamiseen liittyviä toimenpiteitä. Tavoitteenani on tarjota komposiittimateriaalista valmistettavaa johtokanavajärjestelmää valmistettavaksi, myyntiin ja markkinoille vuoden sisällä. Alkuperäisen suunnitelmani mukaan kaikkien osien on tarkoitus olla valmiita syksyllä 2014.

## Lähteet

- Anttila, P. 2006. Tutkiva toiminta ja Ilmaisu, Teos, Tekeminen. Artefakta 16.
- Asunto-osakeyhtiölaki. 2009. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20091599>
- BASF. 2007. Snap Fit Design Manual. BASF Corporation
- Davidovic D. Muu tiedonanto 5.2.2013, 6.12.2013. Nyköping
- Euroopan parlamentin ja Neuvoston Asetus N:o 1907/2011 (REACH).  
Saatavissa:<http://echa.europa.eu/fi/regulations/reach/understanding-reach> (Viitattu 5.2.2014)
- Euroopan neuvoston Direktiivi 89/106/ETY. Saatavissa: [eur-lex.europa.eu](http://eur-lex.europa.eu) (Viitattu 5.2.2014)
- Heikkilä T., Kiljunen S., Nieminen H., Wilen R. 2011 Post Formable Plywood Product and Its Manufacturing Method. Patent WO2009103848.
- Intertek Semko AB. 2014. Elektriska och elektroniska produkter. Saatavissa: [www.intertek.se/elektriska-och-elektroniska-produkter](http://www.intertek.se/elektriska-och-elektroniska-produkter). (Viitattu 2.5.2014)
- Jukarainen J. Haastattelu 16.4.2014. Kotka
- Kuokka U. Haastattelu 6.5.2014. Kouvola
- Listatalo Oy. 2014. Tuotekortti Piilokiinnike 855-00 Saatavissa: [www.listatalo.fi](http://www.listatalo.fi)
- Lönnqvist J. Reka-Kaapelit Oy Puhelinhaastattelu 15.1.2014.
- Mouhu S. Coor Service Management Oy. Haastattelu 30.4.2014. Kotka
- Nemko Group A/S. 2014. Komponenter og installasjonsmateriale.  
Saatavissa: [www.nemko.com/no/services/product-safety-testing/components-and-installation-materials](http://www.nemko.com/no/services/product-safety-testing/components-and-installation-materials). (Viitattu 2.5.2014)
- Primo Danmark A/S. 2013. Primo Bogen. Saatavissa: <http://www.primolister.dk/Files/Billeder/Primolister/Brochure> (Viitattu 2.5.2014)
- Pulkkinen H.. Haastattelu 5.5.2014. Pyhtää
- Puuinfo. 2012. Pintojen ja katteiden paloluokat, Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/rakentaminen/suunnitteluohjeet/pintojen-ja-katteiden-paloluokat>. (Viitattu 11.3.2014)
- Reka-Kaapelit Oy. 2011. Reko tuote-esite. Saatavissa [www.reka-kaapelit.fi](http://www.reka-kaapelit.fi) (Viitattu 11.2.2014)
- Reka-Kaapelit Oy. 2011. Reko Clean tuote-esite. Saatavissa [www.reka-kaapelit.fi](http://www.reka-kaapelit.fi) (Viitattu 11.2.2014)
- SFS-EN 50085-2-1/A1. 2013. Cable trunking systems and cable ducting systems for electrical installations Part 2-1: Cable trunking systems and cable ducting systems intended for mounting on walls and ceilings.
- SFS-EN 60529/A2. 2013. Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

SFS-EN 60695-11-10. 2013. Fire hazard testing. Part 11-10: Test flames 50 W horizontal and vertical flame test methods.

SGS Fimko Oy. 2014. FI- sertifiointi. Saatavissa: [www.sgs.fi/fi-FI/Consumer-Goods-Retail/Electrical and-Electronics/Machinery/Certification/FI-Certification](http://www.sgs.fi/fi-FI/Consumer-Goods-Retail/Electrical-and-Electronics/Machinery/Certification/FI-Certification) (Viitattu 2.5.2014)

Stanojlovic-Davidovic A. 26.11.2013, 6.12.2013, 16.12.2013. Nyköping

Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011 Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/10530-37-3762-4.pdf> (Viitattu 11.3.2014)

Tilli M. UPM Kymmene. Puhelimitse saatu tiedonanto 27.11.2013 ja 26.3.2014.

Turvatekniikan keskus. 2013. CE-merkittävät rakennustuotteet. Saatavissa: [www.tukes.fi/CE-merkki](http://www.tukes.fi/CE-merkki). (Viitattu 11.3.2014)

Tuulaniemi J. 2011. Palvelumuotoilu. Talentum Media Oy

Ympäristöministeriö. 2013. Rakennustuotteiden hyväksyntä. Saatavissaa: [www.ymparisto.fi/ce-merkinta](http://www.ymparisto.fi/ce-merkinta). (Viitattu 11.3.2014)

### **Kuvalähteet**

Kuvat 3 ja 24: Primo Danmark A/S. 2013. Primo Bogen. Saatavissa:

<http://www.primolister.dk/Files/Billeder/Primolister/Brochure> (Viitattu 2.5.2014)

Kuva 6: Hager Group, SL Designassisten. Saatavissa: [www.hager.de / 213.135.11.186/sl\\_konfig\\_html/](http://www.hager.de/213.135.11.186/sl_konfig_html/)

Kuva 9: Hager Group, Rullakanava LFR. Saatavissa: [http:// www.utu.eu/ tuotteet/asennustuotteet/kaapelitiet/ asennuskanavat-ja-listat/asennuskanavat-rulla-pvc-tehalitlfr](http://www.utu.eu/tuotteet/asennustuotteet/kaapelitiet/asennuskanavat-ja-listat/asennuskanavat-rulla-pvc-tehalitlfr)

Kuva 19: BASF. 2007. Snap Fit Design Manual. BASF Corporation

### **Muu kirjallisuus ja lähteet**

OBO Bettermann. 2014. Tekniskt datablad SKL sockelkantskanal, typ SKL 50 D. OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG.

Schneider-Electric. 2013. Optiline-minilistat tuoteluettelo. Schneider-Electric Finland Oy

Hager Tehalit SL. 2011. Hager Tehalit SL tuoteluettelo. UTU Powel Oy

Vanhasilta J. 2013. UPM Grada- profiilien valmistus. Puutekniikan opinnäytetyö. Lahden Ammattikorkeakoulu, Puutekniikan koulutusohjelma.