

Marianne Näsänen

Kierrätysmuovin hyödyntäminen verkkohylsyssä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka

Insinööriytyö

7.2.2017

Tekijä(t) Otsikko	Marianne Näsänen Kierrätysmuovin hyödyntäminen verkkohylsyssä
Sivumäärä Aika	32 sivua 7.2.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Esa Toukoniitty, Metropolia Ammattikorkeakoulu Tuotantoinsinööri Nikolai Ylimys, Piippo Oyj
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Piippo Oyj:lle yhteistyössä FL-Pipe Oy:n kanssa. Työn tavoitteena oli valmistaa ja suunnitella muovihylsy Piippo Oyj:n paalausverkkorullaan kartonkihylsyn tilalle, uusiomuovia lopputuotteessa hyödyntäen.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosassa perehdyttiin yleisesti muovien ja maatalousmuovien kierrätykseen sekä Piippo Oyj:n tehtaan sisäiseen kierrätykseen. Lisäksi tutkittiin hylsyihin käytettäviä materiaaleja muovia ja kartonkia. Tutkimuksessa käytiin läpi perusteita muovituotteiden valmistuksesta sekä muovien yleisimpiä ominaisuuksia, jotka ovat ominaisia uuden muovituotteen suunnittelussa.</p> <p>Kokeellisessa osassa perehdyttiin muovihylsyn valmistusprosessiin sekä muovihylsyn käyttöön paalausverkkorullan hylsynä. Lisäksi pohdittiin materiaalien uudelleenkierrätystä sekä uudelleenkierrätyksestä aiheutuvia etuja ja haittoja. Työssä tutkittiin myös muovi- ja kartonkihylsyn välisiä kustannuseroja yleisellä tasolla.</p> <p>Työn tuloksena Piippo Oyj:lle onnistuttiin valmistamaan lujuudeltaan riittävä muovihylsy, joka säilyttää muotonsa verkonkelauslaitteessa. Hylsyä tullaan vielä kehittämään ja testaamaan ennen tuotteen lanseeraamista ja käyttöönottoa. Tulevaisuudessa yrityksen tavoitteena on korvata nykyinen kartonkihylsy muovihylsyllä, osittain tai kokonaan, paalausverkkorullan rullauspohjana.</p>	
Avainsanat	Muovihylsy, muovien kierrätys, paalausverkko

Author(s) Title	Marianne Näsänen Utilization of recycled plastics on plastic core for baling net wrap
Number of Pages Date	32 pages 7 February 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Materials Technology and Surface Engineering
Instructor(s)	Esa Toukoniitty, Lecturer, Metropolia UAS Nikolai Ylimys, Production Engineer, Piippo Oyj
<p>This Bachelor's thesis was made for Piippo Oyj in cooperation with FL-Pipe Oy. The purpose of this thesis was to design and manufacture a plastic core from recycled plastics for baling net wrap and to replace current card board core used by Piippo Oyj.</p> <p>The theory part of the Bachelor's thesis focuses on recycling of consumer and agricultural plastic together with plastic recycling of Piippo Oyj. The materials used on the cores, such as plastic and cardboard, were also investigated. Production of plastic products as well as the most common characteristics of plastics that are specific to a new plastic product design were investigated.</p> <p>In the experimental part of the Bachelor's thesis the manufacturing process of the plastic core and the use of plastic core as a baling net wrap were investigated. The benefits and disadvantages of the re-recycling as well as the manufacturing costs using different materials were examined in the thesis.</p> <p>As a result of the thesis, the company managed to produce a plastic core with sufficient strength, which retains its shape in the baling net retractor. The plastic core will be further developed and tested before the consumer launch. The company aims to replace the current cardboard core with a plastic core partially or completely in the future.</p>	
Keywords	plastic core, recycling of plastics, baling net wrap

Sisällys

Lyhenteet ja määritelmät

1	Johdanto	1
2	Yhteistyöyritykset	2
2.1	Piippo Oyj	2
2.2	Oy FL-Pipe Ab	4
3	Muovien kierrätys	4
3.1	Yleistä muovien kierrätyksestä ja hyötykäytöstä	4
3.2	Muovin kierrätyksen vaiheet	5
3.3	Muovin kierrätysmuodot	6
3.4	Maatalousmuovien kierrätys	7
3.5	Tehtaan sisäinen kierrätys Piippo Oyj:llä	8
4	Materiaalit	8
4.1	Muovit	8
4.1.1	Suurtiheyspolyeteeni, PE-HD (Polyethylene, High Density)	10
4.1.2	Polypropeeni, PP	11
4.1.3	Muovien valmistus	12
4.1.4	Muovien lisäaineet	15
4.2	Kartonki	16
5	Muovihylsyn suunnittelu- ja valmistusprosessi sekä käyttö	18
5.1	Työn tausta	18
5.2	Tuotekehitys ja muovituotteen suunnittelu	19
5.3	Muovihylsyn valmistus ja käyttö	22
6	Materiaalien uudelleenkierrätys	25
7	Kustannukset	27
8	Pohdintaa	28
9	Yhteenveto	29
	Lähteet	31

Lyhenteet ja määritelmät

Ekstruusio	Muovin valmistusmenetelmä suulakepuristamalla.
Granulaatti	Raemaiseenmuotoon saatettu muoviryyni. Granulaattia käytetään sulatettuna kestumuvituotteiden valmistukseen.
PE	Polyeteeni. Valtamuoveihin kuuluva eniten käytetty muovi.
PE-HD	Suurtiheyspolyeteeni (Polyethylene, High Density). Suurimolekyylinen kestävä muovilaatu.
PP	Polypropeeni. Valtamuoveihin kuuluva edullinen, monikäyttöinen ja kevyt muovilaatu.
Uusiomuovi	Kierrätetystä muoviraaka-aineesta valmistettu muovi

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Piippo Oyj:lle. Piippo Oyj toimii sitomiseen, nostamiseen, hinnaamiseen ja kiinnittämiseen liittyvien tuotteiden valmistajana, markkinoijana ja jakelijana. Yritys valmistaa tuotteita Agri-, Kuluttajat- ja Business to Business -segmentteihin.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli ratkaista Piippo Oyj:n kehitystarve. Tavoitteena oli kehittää ja valmistaa paalausverkon kartonkihylsyn tilalle muovihylsy sekä löytää muovihylsulle oikea valmistustapa niin, että se säilyttää lujutensa käytössä. Työssä tutkittiin, voiko muovihylsy tulevaisuudessa korvata pahvihylsyn osittain tai kokonaan. Muovihylsystä pyrittiin taloudellisesti, kierrätettävyydeltään ja mahdollisimman hyvin Piippo Oyj:n kierrätysjätettä hyödyntäen saamaan parempi vaihtoehto pahvihylsulle.

Kierrätyksen kannalta työn tavoitteena oli selvittää, kuinka puhalluskalvolinjaston muovijäte voidaan hyödyntää parhaiten lopputuotteessa eli muovihylsyssä. Työssä tutkittiin, miten Piippo Oyj:n tehtaan sisäisellä kierrätyksellä voidaan vaikuttaa lopputuotteeseen sekä selvitettiin, millaisessa muodossa alihankkija ottaa muovijätettä vastaan. Työssä selvitettiin myös, mitä raaka-aineita alihankkija käyttää Piippo Oyj:n muovijätteen lisäksi ja kuinka paljon muovijätettä voitiin prosentuaalisesti hyödyntää lopputuotteen hyväksi. Alihankkijana muovihylsyjen valmistuksessa käytettiin FL-Pipe Oy:tä, jonka kanssa Piippo Oyj on aikaisemmin tehnyt yhteistyötä.

Työn tavoitteena oli verrata myös kartonki- ja muovihylsyn kierrätettävyyttä tai energiahyötykäyttöä uusiokäyttöön kelpaamattomille materiaaleille. Lisäksi tutkittiin hylsyjen eroja tuotannolliselta kannalta ja verrattiin hylsyjen välisiä kustannuseroja. Työssä kiinnitettiin huomiota hylsyjen etuihin ja haittoihin myös loppukäyttäjän eli paalaajan kannalta.

2 Yhteistyöyritykset

2.1 Piippo Oyj

Piippo Oyj on perinteikäs Outokummussa sijaitseva kiinnittämiseen liittyviin tuotteisiin erikoistunut yritys. Yritys on perustettu vuonna 1942, jolloin yhtiön perustaja Matti Piippo patentoi paperinarun valmistustekniikan. Nykyään Piippo Oyj toimii Pohjois-Euroopan johtavana köysien, lankojen ja verkkojen valmistajana ja markkinoijana. Yrityksessä työskentelee noin 90 henkilöä. Piippo Oyj:n tavoitteena on suunnitelmallinen toiminnan kasvu, kansainvälistyminen sekä kannattavuus. Yrityksen tuotannosta viedään noin 70 prosenttia yli 30 eri maahan.

Vuonna 2000 Piippo Oyj aloitti toimintansa paalausverkkotuotannon parissa ja on sen myötä laajentanut Outokummun tehdasta ja toimintaansa runsaasti. Konekanta uudistuu jatkuvasti, ja viimeisin tehdas laajennus valmistui vuonna 2014. Outokummun tehdas jakautuu verkko- ja narupuoleen. Yritys valmistaa köysi- ja narutuotteet tasokalvolinjastolla. Verkkotuotteet valmistetaan leikkaamalla, venyttämällä ja kutomalla puhalluskalvolinjaston kalvorullista. Piippo Oyj:llä on valmiudet tehdä nykyaikaisilla laitteillaan myös erikoistilauksia.

Paalausverkkotoiminta kuuluu Agri-segmenttiin, joka muodostaa noin 75 prosenttia Piippo Oyj:n liikevaihdosta. Agri-segmentillä tarkoitetaan rehujen pakkaamista ja säilömistä varten kehitettyjä tuotteita kuten paalausverkkoa ja -lankoja sekä käärintäkalvoa. Paalausverkkoa käytetään muun muassa korsirehun ja muiden maataloustuotteiden paalaamiseen. Paalausverkon avulla heinäpaali paalataan tiukaksi paketiksi (Kuva 1), jonka päälle kääritään valkoinen käärintäkalvo.

Piippo Oyj:n valikoimaan kuuluu tällä hetkellä kolme erilaista paalausverkkoa. Paalausverkon loppukäyttäjät ovat yleisemmin maanviljelijät sekä maataloustoiminnan alihankkijoiksi palkatut urakoitsijat. Tunnetuin ja yksi luotettavimmista verkoista on Magic Blue -verkko, jota on saatavilla eri leveyksinä ja pituuksina. Yritys valmistaa maailman pisimpiä verkkorullia, joissa verkkoa on jopa 4 600 metriä. Paalausverkko valmistetaan pääosin polypropeenista (PP) ja polyeteenistä (PE). Paalausverkon vaatimukset ovat tiukentuneet UV-keston, lujuuden sekä kasvimyrrkyjen varalta. Paalausverkon UV-suojaus parantaa paalatun rehun säilyvyyttä.



Kuva 1. Paalaus kone työssä pellolla. Paalaus koneen kyydissä paalaus verkolla kääritty heinäpaali. (Piippo 2016.)

Piippo Oyj tarjoaa laadukkaita ja korkealaatuisia Suomessa valmistettuja tuotteita paalaukseen vaihteleviin olosuhteisiin. Tuotteet testataan aina niiden oikeissa käyttöolosuhteissa ympäri maailman, Australian kuumista olosuhteista pohjoisen pakkasiin saakka. Yrityksen tuotekehityksessä huomioidaan myös tuotteen ekologisuus ja tuotteen elinkaari aina raaka-aineesta tuotteen hävittämiseen asti. Paalausverkon raaka-aineet ovat laadukkaita ja tuotekehitys innovatiivista. Piippo Oy:lle käyttäjystävällisyys ja tuotteiden toiminta loppukäyttäjän kannalta ovat erityisen tärkeitä, siksi yritys kehittää tuotteitaan jatkuvasti asiakkaiden tarpeiden ja oman tutkimustyön pohjalta.

Agri-segmentin lisäksi Piippo Oyj:n toiminta jakautuu Kuluttaja- ja Business to Business -segmentteihin. Kuluttajasegmentti on noin 15 prosenttia liikevaihdosta, ja se kattaa köydet, ketjut sekä vaijerit. Kuluttajatuotteet ovat suosittuja niiden kotimaisuuden, nopean toimituksen ja erinomaisen laadun vuoksi. Business to Business -segmentti on noin 10 prosenttia yrityksen liikevaihdosta. Business to Business -asiakkaita ovat lähinnä kaapelitehtaat, joihin tuotteet suunnitellaan yksilöidysti ja sen hetkisen tarpeen mukaan. (Paalautustuotteet 2016; Piippo 2016; Ylimys 2016.)

2.2 Oy FL-Pipe Ab

FL-Pipe Oy:n perustivat Lars-Erik Furu ja Anders Ljungberg vuonna 1999. Yritys sijaitsee Keski-Pohjanmaalla. FL-Pipe Oy:n tuotanto koostuu muoviputkista ja hylsyistä. Yritys valmistaa myös kartonkihylsyjä yhteistyössä Corenso Oy:n kanssa. FL-Pipe Oy valmistaa sekä omia että tilaustuotteita. Tuotteissa käytetään 75-prosenttisesti uusioraaka-aineita, joita käyttämällä saadaan materiaalisäästöjä ja kustannushyötyjä. FL-Pipe Oy käyttää muovihylsyn valmistuksen raaka-aineena ainoastaan uusiomuovia ja lisäaineita, neitseellistä muovia ei tarvita lainkaan. Yrityksellä on myös oma jätteen murskain, jolloin tuotannon hukka saadaan nopeasti takaisin tuotantoon.

Yritys on kasvanut tasaista vauhtia, ja tällä hetkellä FL-Pipe Oy:llä on käytössään kolme tuotantolinjaa ja nykyaikainen laitekanta. Yrityksen uusimpia investointeja ovat polymeerien ja komposiittien prosessointilaitteisto sekä tuotteiden pakkausrobotti. (FL-Pipe 2016; Ljungberg 2016.)

3 Muovien kierrätys

3.1 Yleistä muovien kierrätyksestä ja hyötykäytöstä

Muovijätteen käsittelyä ohjaavat lainsäädäntö ja markkinatilanne. Vuonna 2015 Euroopan komissio antoi ehdotuksen kiertotalouspaketista, jonka mukaan ensisijainen tavoite on vähentää syntyvän muovijätteen määrää. Tällä hetkellä kaatopaikoille kertyy noin 40 prosenttia koko maailman muovijätteestä ja noin 30 prosenttia muovijätteestä häviää lähinnä mereen. Suomessa muovien vienti kaatopaikoille kiellettiin vuodesta 2016 alkaen. Syntyvä muovijäte pitäisi ensisijaisesti kierrättää tai hyödyntää uusiomateriaalina, tällöin myös neitseellistä muovia voidaan käyttää vähemmän. Kierrätyksellä voidaan vähentää ympäristön roskaantumista ja säästää luonnonvaroja. Lisääntyvä ympäristötietoisuus ja raaka-aineiden hinnan nousu on tehnyt muovien hyötykäytöstä ja kierrätyksestä kiinnostavampaa, ja sen ympärille on kehittynyt oma liiketoimintansa. (Eskelinen ym. 2016: 4; Järvinen 2008: 158–159; Järvinen 2016: 8–9, 16–17, 25.)

Euroopassa muovien kierrätyksestä on selvästi tullut trendi-ilmiö vuoden 2008 jälkeen. Muovin vieminen kaatopaikoille on vähentynyt, ja sen sijaan kierrätys materiaalina ja

energian hyödyntäminen on lisääntynyt. Suurin osa muovijätteestä tulee muovipakkauksista. Suomessa on vuodesta 2016 lähtien aloitettu kuluttajamuovipakkausten keräys, joka oletettavasti lisää muovin kierrätystä materiaalina. Yritysmuovipakkauksia on kierrätetty Suomessa jo jonkin aikaa. Suomessa yli miljoonan euron liikevaihtoa tekeviä pakkausten tuottajia ja maahantuojia koskee pakkausten tuottajavastuu, joka koskee sekä yrittäjä- että kuluttajapakkauksia. Muovipakkausten tuottajavastuun voi siirtää Suomen Uusiomuovi Oy:lle, joka hoitaa lainmukaisen muovipakkausten keräyksen, kierrätyksen ja jätehuollon yhdessä sopimuskumppaniensa kanssa. Kuluttajamuovipakkaukset kerätään yleensä kauppojen yhteydessä oleviin muovinkeräyspisteisiin. Kierrätettävien muovipakkausten tulee olla puhtaita ja kuivia, lisäksi erilaatuiset muovit, esimerkiksi pullo ja pullonkorkki, tulee irrottaa toisistaan. Yrityspakkaukset voi palauttaa lajiteltuina ja puhtaina noin 70:een Suomen Uusiomuovi Oy:n sopimustermiiniin veloitusetta. Kuluttaja- ja yrityspakkaukset kierrätetään Riihimäen muovijalostamossa. Muovijalostamossa polypropeenista ja polyeteenistä valmistetaan uusiomuoviraaka-ainetta myyntiin ja sekamuovista tehdään muun muassa aitoja ja pylviäitä. (Järvinen 2016: 18, 26, 44–57.)

Muovilaatujen suuri määrä ja likaisuus ovat suurimpia ongelmia muovien kierrätyksessä. Haitallisia aineita sisältävät muovit tuovat myös haasteita muovien kierrätykseen, sillä ne pitää saada eroteltua muista muoveista. Muovit tulee puhdistaa ja lajitella muoveittain tai keskenään yhteensopivien muovien kanssa. Mitä paremmin muovi lajitellaan sen synty- paikoilla, sitä tasalaatuisempaa ja laadukkaampaa uusiomuovia voidaan valmistaa. Muovien kierrätystä hankaloittavat myös lait ja asetukset, jotka rajoittavat kierrätysmuovien käyttöä. (Eskelinen ym. 2016: 4–5, 39.)

3.2 Muovin kierrätyksen vaiheet

Muovin kierrätysprosessiin kuuluu useita vaiheita. Ensimmäisessä vaiheessa muovijäte kerätään niiden syntypaikoilta tai muovi tuodaan keräyspisteisiin. Keräyksen jälkeen muovi lajitellaan muovilaadun tai värin mukaan ja esikäsitellään esimerkiksi paalaamalla. Lajittelun jälkeen muovi murskataan, puhdistetaan ja kuivataan. Murskauksen ja mahdollisen puhdistuksen jälkeen muovi prosessoidaan granulaatiksi eli muovirakeeksi, josta valmistetaan uusi tuote. Ennen kuin uusi tuote pääsee käyttäjälleen, hoidetaan siihen liittyvä markkinointi ja myynti, kuljetus sekä muut toiminnot. Onnistunut muovin keräys ja lajittelu ovat olennainen osa muovin kierrätyksen onnistumista. Kierrätysketjun

suurin ongelma on tällä hetkellä lopputuotteen rajallinen kysyntä. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007: 277; Muovi kiertää 2016.)

3.3 Muovin kierrätysmuodot

Muovijätteen käsittely mahdollisuuksia ovat mekaaninen ja kemiallinen kierrätys sekä energian hyödyntäminen. Mekaanisella kierrätyksellä tarkoitetaan joko tuotteen käyttöä sellaisenaan uudelleen tai granuloinnalla uuden tuotteen raaka-aineeksi. Granuloinnilla tarkoitetaan muovin työstöä sen alkuperäiseen muotoonsa granulaatiksi eli muoviraakeeksi. Granuloinnissa muovi murskataan ja syötetään ekstruuderiin eli suulakepuristimeen. Ekstruuderista muoviseos johdetaan reikälevyn läpi leikkureille ja jäähdytykseen, jonka jälkeen granulaatit kuivataan ja pakataan. Muoviteollisuudessa toimivilla yrityksillä on usein omat jätteenkäsittelylinjastot, joissa kierrätetystä muoviraaka-aineesta tehdään uusiomuovia tehtaan omaan käyttöön tai myyntiin. Uusiomuovin käytön yleistymistä rajoittavat toistaiseksi sen rajalliset käyttökohteet. Käyttökohteita kehitellään kuitenkin koko ajan lisää. Euroopassa kierrätettyä muovia viedään paljon Aasiaan, koska sille ei löydy riittävästi käyttökohteita Euroopasta. Tällä hetkellä uusiomuovia käytetään muun muassa uusiomuovilankuissa, tekstiiliteollisuudessa, putkissa ja kalvoissa. Tuotteiden suunnittelussa tulisi huomioida muovin ominaisuuksien hyödyntäminen pitkäikäisissä ja kestävässä tuotteissa, jotta muovituotteita olisi mahdollista kierrättää sellaisenaan yhä enemmän. Esimerkiksi juomakorit, laatikot ja lavat ovat tuotteita, jotka kierrätetään niiden alkuperäisessä tarkoituksessaan useita kertoja. (Järvinen 2008: 158–171; Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007: 275–278; Kurri ym. 2008: 206–211.)

Kemiallisessa kierrätyksessä muovin polymeerirakenne hajotetaan ja syntyneet molekyylit voidaan hyödyntää kemianteollisuudessa sellaisenaan tai uudelleen polymeroimalla valmistaa lähes alkuperäisen veroisiksi tuotteiksi. Kemiallinen kierrätys on kallista, minkä takia sitä ei juurikaan käytetä. (Hänninen 2010: 92.)

Kierrätykseen kelpaamaton ja likainen muovi hyödynnetään energiana. Muovijätteellä voidaan korvata muita polttoaineita jätteenpolttolaitoksissa. Muovia ei kannata polttaa erikseen, mutta muun jätteiden polton yhteydessä siitä saatava energia kannattaa hyödyntää, mikäli muovia ei voida kierrättää. Muovilla on yleensä vähintään kivihiltä vastaava lämpöarvo, mutta muun muassa polyeteenin lämpöarvo on jopa korkeampi kuin öljyllä. Vuonna 2012 pääkaupunkiseudun sekajätteessä oli 18,3 prosenttia muovia, joka

hyödynnettiin Vantaan Energia Oy:n jätteenpolttolaitoksessa energiana. (Järvinen 2008: 158–171; Järvinen 2016: 76–77; Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007: 275–278; Kurri ym. 2008: 206–211.)

3.4 Maatalousmuovien kierrätys

Suomessa maatalouden muovijätettä syntyy vuosittain noin 12 000 tonnia, se on noin 5 prosenttia muovien kokonaiskäytöstä. Maatalousmuovit ovat pääosin polyeteeniä ja polypropeenaa. Suurin osa maatalouden muovijätteestä on pyöröpaalien kiristekalvoja. Lisäksi maatiloilla syntyy muovijätettä erilaisista kalvoista, säkeistä, muoviastioista ja hylsyistä. Suomessa toimii useita muovin keräilijöitä, jotka keräävät maatalouden muovijätteet hyötykäyttöön niiden syntysijoiltaan. Keräilijöiden hinnat sekä keräilyohjeet ja vaatimukset muovijätteen suhteen vaihtelevat jonkin verran. Tällä hetkellä maatalousmuovijäte hyödynnetään suurimmaksi osaksi energiana, mutta muovien kierrätystä materiaalina kehitellään parhaillaan. (Lehtonen ym. 2015: 8–11; Järvelä & Järvelä 2015: 34.)

Kiristekalvojen muovihylsyjä syntyy vuositasolla noin 40–50 tonnia. Muovihylsyjen materiaaleina käytetään suuritiheyspolyeteeniä (HD-PE), polypropeenaa (PP) ja polyvinyylikloridia (PVC). Maatiloille kertyviä muovihylsyjä on kerätty K-maatalouskaupoissa vuodesta 2005 alkaen. FL-Pipe Oy:n valmistamat puhdistetut muovihylsyt voi palauttaa K-maatalouskauppaan veloitusetta. Muovihylsyjä käytetään muun muassa Rani Plast Oy:n kiristekalvon rullauspohjana. Rani Plast Oy on suurin maatalouskalvojen valmistaja Suomessa. Palautukseen tulleet hylsyä käytetään rouhittuna uuden hylsyn valmistukseen. Hylsyn keräyksellä pyritään edistämään muovin kierrätystä maatiloilla sekä ympäristömyönteisyyttä. (Alenius 2016: 14; Lehtonen ym. 2015: 10; Maatalouden kiristekalvojen muovihylsyt kierto 2005.)

Ongelmana maatalousmuovijätteessä on siihen kohdistuva kosteus ja UV-säteily, jotka saattavat heikentää siitä valmistettavan uusiomuovin laatua. Maataloudesta tuleva muovijäte on usein likaista ja vaikeasti puhdistettavissa. Lisäksi kaikki maatalousmuovit eivät päädy hyötykäyttöön, vaan muoveja poltetaan ja haudataan maatiloilla. Ekokem Oy:n teettämän haastattelututkimuksen mukaan jätemuovien säilytys ja noutokustannukset ovat keskeisimpiä ongelmakohtia muovien kierrätyksessä. Hyötykäyttöön noudettavista muoveista ei oltu valmiita maksamaan ja jätteen keräilylle toivottiin lyhyempää noutoväliä muovien hankalan säilytyksen vuoksi. Muovien syntypaikkalajittelua kalvoihin ja muihin

muoveihin, kuten paalausverkkoon ja kanistereihin, ei koettu ongelmalliseksi. Ekokem Oyj:n ja ympäristöministeriön hankkeen pohjalta luotiin uudet lajitteluohjeet maataloille. Uuden ohjeen mukaan muovit lajitellaan maataloilla niin, että puhtaat kääremuovit erotetaan omaan kasaansa ja paalausverkko lajitellaan jätesäkkiin muiden kierrätettävien muovien kasaan. (Lehtonen ym. 2015: 8–11; Järvelä & Järvelä 2015: 34.)

3.5 Tehtaan sisäinen kierrätys Piippo Oyj:llä

Piippo Oyj:llä on oma jätteenkäsittelylinjasto. Tuotantojäte erotellaan värien mukaan. Yrityksen käyttämät materiaalit ovat polypropeeni- ja suurtiheyspolyeteenipohjaisia. Jätteenkäsittelylinjastolla tuotantohylky pilkotaan, murskataan ja granuloidaan uusiomuoviraaka-aineeksi. Uusiomuovi pakataan ja varastoidaan suuriin kahdeksankulmisiin pahviastioihin eli oktabiineihin. Outokummun tehtaalla uusiomateriaalia käytetään tasokalvolinjaston tuotteisiin. Piippo Oyj:n valmistamaa uusiomuoviraaka-ainetta myydään myös muille muovialan yrityksille. (Ylimys 2016.)

Piippo Oyj:llä syntyy tuotantojätettä puhallus- ja tasokalvolinjastoilta sekä verkko-, lanka- ja köysituotannosta. Puhalluskalvolinjastoilta ja paalausverkkotuotannosta syntyy vuosittain noin 200 tonnia tuotantojätettä. Puhalluskalvolinjastoilta valmistettavaa uusioraaka-ainetta ei voida hyödyntää Piippo Oyj:n omassa tuotannossa linjaston ja kuidun jatkojalostuksen kriittisyyden takia. Verkossa käytettävä polypropeeni voi aiheuttaa kuituuntumista ja kalvon repeilyä uusiokäytössä (Lehtonen ym. 2015: 13). Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia puhalluskalvolinjaston ja verkkotuotannon tuotantojätteestä valmistettavan uusiomuovin käyttöä paalausverkkorullan hylsyssä. (Ylimys 2016.)

4 Materiaalit

4.1 Muovit

Muovista tuli merkittävä vuonna 1869, kun James Wesley Hyatt päätti valmistaa vuonna 1862 kehitetystä selluloidista biljardipalloja. Suomessa ensimmäinen muovialan yritys Sarvis Oy aloitti toimintansa vuonna 1921. Suomessa muoveja käytetään tällä hetkellä noin 700 000 tonnia vuodessa. Muovituotannosta noin neljänneksestä tehdään erilaisia muoviputkia. Nykyään muovi ovat yksi käytetyimmistä materiaaleista maailmassa.

Materiaaliominaisuuksiltaan ja kustannuksiltaan muovit ovat ylivoimaisia. Muovit ovat kevyitä ja samalla lujia, lisäksi niitä on helppo muovata. Muovit kestävät hyvin myös kosteutta ja kemikaaleja. Useimmat muovit ovat läpinäkyviä ja niillä on hyvä eristyskyky. Muovien mekaanisia ominaisuuksia voidaan tarvittaessa säätää helposti, ja ne ovat ratkaisu moniin teknisiin ongelmiin. Muovien hinta-laatusuhde on erittäin hyvä moneen muuhun materiaaliin verrattuna. Muovien tuotekehityksen ja tuotannon tulee vastata myös ympäristön vaatimuksiin. Muovi on vuosien saatossa joutunut huonoon valoon ympäristön roskaamisen takia. Muovin hyödyt ovat kuitenkin suuremmat kuin siitä koituvat ympäristöhaitat, esimerkiksi ilman kunnollisia muovipakkauksia ruoka pilaantuisi jo ennen kuin se ehtii käyttäjälleen. (Järvinen 2008: 15–16, 88; Kurri ym. 2008: 13–16, 22–23.)

Muovit koostuvat peruspolymeeristä ja mahdollisista lisäaineista. Muovin raaka-aineena käytetään yleisimmin öljyä tai uusiomuovia. Muovin valmistukseen käytetään vain noin 4 prosenttia öljyn kokonaiskulutuksesta. Muovia valmistetaan nesteinä, jauheina ja granulaahteina. Muovi säilytetään mahdollisimman hyvin kosteudelta ja valolta suojassa. (Kurri ym. 2008: 18, 33–34; Laitinen 2014: 97.)

Muoveja käytetään satoja eri laatuja, ja niiden ominaisuudet vaihtelevat runsaasti. Muovien tunnistamisen apuna käytetään tiheys-, poltto- ja happamuuskokeita. Lisäksi muovi voidaan tunnistaa ulkonäön, aikaisemman käyttökohteen tai analyttisten menetelmien avulla. Muovituotteeseen voidaan painaa myös kierrätysmerkintä, jonka avulla muovin tunnistaminen on helpompaa. (Järvinen 2008: 163; Kurri ym. 2008: 65–68.)

Muovit voidaan jakaa ryhmiin monella eri tavalla. Käyttömäärien mukaan muovit jaetaan valta- ja erikoismuoveihin sekä teknisiin muoveihin. Polyeteeni ja polypropeeni kuuluvat valtamuoveihin. Valtamuoveiksi kutsutaan muoveja, joita käytetään eniten muovinvalmistuksessa. Valtamuovien osuus Suomessa on noin 80 %, ja valtamuoveista 80 % on polyeteeniä ja polypropeenia. Valtamuovit ovat yleensä edullisempia kuin muut muovit. (Järvinen 2008: 26; Kurri ym. 2008: 19, 224.)

Muovityypit jaetaan kesto- ja kertamuoveihin niiden muovattavuuden perusteella. Polyeteeni ja polypropeeni ovat kestopuoveja. Niitä voidaan kierrättää ja muovata helposti, koska polymeerirakenne ei muutu uudelleen muovauksessa. Kestomuovien rakenne on lineaarinen tai haaroittunut, ja ne voivat myös kiteytyä. Kiteisyyden mukaan muovit jae-

taan kiteisiin muoveihin, joiden kiteisyysaste vaihtelee 10–80 prosentin välillä sekä amorfisiin eli kiteytymättömiin muoveihin. Polyeteeni ja polypropeeni ovat osittain kiteisiä muoveja. Kertamuoveilla rakenne on verkottunut, eikä niitä voida muovata uudelleen polymeerirakennetta hajottamatta. (Kurri ym. 2008: 19, 219–220; Laitinen 2014: 16–27.)

4.1.1 Suuritiheyspolyeteeni, PE-HD (Polyethylene, High Density)

Polyeteeni on käytetyin muovi koko maailmassa. Tiheydensä mukaan se jaetaan pien-, keski- ja suuritiheyspolyeteeniin. Tässä kappaleessa keskitytään suuritiheyspolyeteeniin, jota Piippo Oyj käyttää tuotteissaan. Suuritiheyspolyeteeni on liukaspintainen ja samea tai värillinen muovi. Se on jäykempi kuin matalatiheyspolyeteeni. Jäykemmän ominaisuuden ansiosta siitä valmistetaan myös muotonsa pitäviä tuotteita. Polyeteenin ongelmia ovat muun muassa alhainen lämmönkestävyys ja kellastuminen UV-valon vaikutuksesta sekä liukaspintaisuus, minkä takia sitä on hankala pinnoittaa ja liimata ilman esikäsittelyä. Suuritiheyspolyeteenin tiheys on 0,94–0,97 g/cm³, vetolujuus 9–29 N/mm² ja puristuslujuus 4–25 MPa. Suuritiheyspolyeteeni sopii hyvin uudelleen kierrätettäväksi. Kuvassa 2 suuritiheyspolyeteenin kierrätystä helpottava materiaalimerkki, suuritiheyspolyeteenistä käytetään myös pelkkää numeromerkintää 02. Polyeteeni sopii hyvin poltettavaksi, sillä on suurempi lämpöarvo kuin raakaöljyllä noin 45 MJ/kg.



Kuva 2. Suuritiheyspolyeteenin kierrätysmerkki (Järvinen 2016: 92)

Suuritiheyspolyeteeniä käytetään puhallusmuovauksessa, ruiskuvalussa ja ekstruusi-ossa eli suulakepuristuksessa. Puhallusmuovatuissa tuotteissa se tunnetaan parhaiten läpinäkymättömien pakkausten kuten ketsuppi- ja pesuainepullojen materiaalina. Ruiskuvalettuja tuotteita ovat esimerkiksi ämpärit ja lelut. Ekstruusiolla suuritiheyspolyeteenistä valmistetaan esimerkiksi kalvoja. Putkien valmistuksessa suuritiheyspolyeteeni kil-

pailee metallin ja polyvinyylidikloridin kanssa. Siitä valmistetaan muun muassa vesi-, viemäri- ja kaasuputkia. (Järvinen 2000: 20; Järvinen 2008: 28–29, 36–39; Järvinen 2016: 92–93; Kurri ym. 2008: 25; Polyeteeni 2016: 5.)

4.1.2 Polypropeeni, PP

Polypropeeni on edullinen, monikäyttöinen ja kevyt muovi. Polypropeenilla on hyvä lämmön- ja kemikaalinkestävyys, lisäksi se on nykyään myös iskun- ja kylmänkestävä. Polypropeeni on samankaltainen kuin suuritiheispolyeteeni, mutta sitä on helpompi työstää. Polypropeenilla on myös paremmat lämmönkesto ja mittatarkkuus ominaisuudet kuin suuritiheispolyeteenillä. Polypropeenin tiheys on 0.91–0,93 g/cm³, vetolujuus 31 N/mm² ja puristuslujuus 90 MPa. Polypropeeni sopii hyvin kierrätettäväksi ja siitä voidaan valmistaa uusiomuovia. Kuvassa 3 polypropeenin kierrätystä helpottava materiaalimerkki, polypropeeni voidaan merkitä myös pelkällä numerolla 05. Polypropeenia voidaan hyödyntää energiana jätteenpolttolaitoksissa, sillä on suurempi lämpöarvo kuin polttoöljyllä noin 44 MJ/kg.



Kuva 3. Polypropeenin kierrätysmerkki (Järvinen 2016: 98)

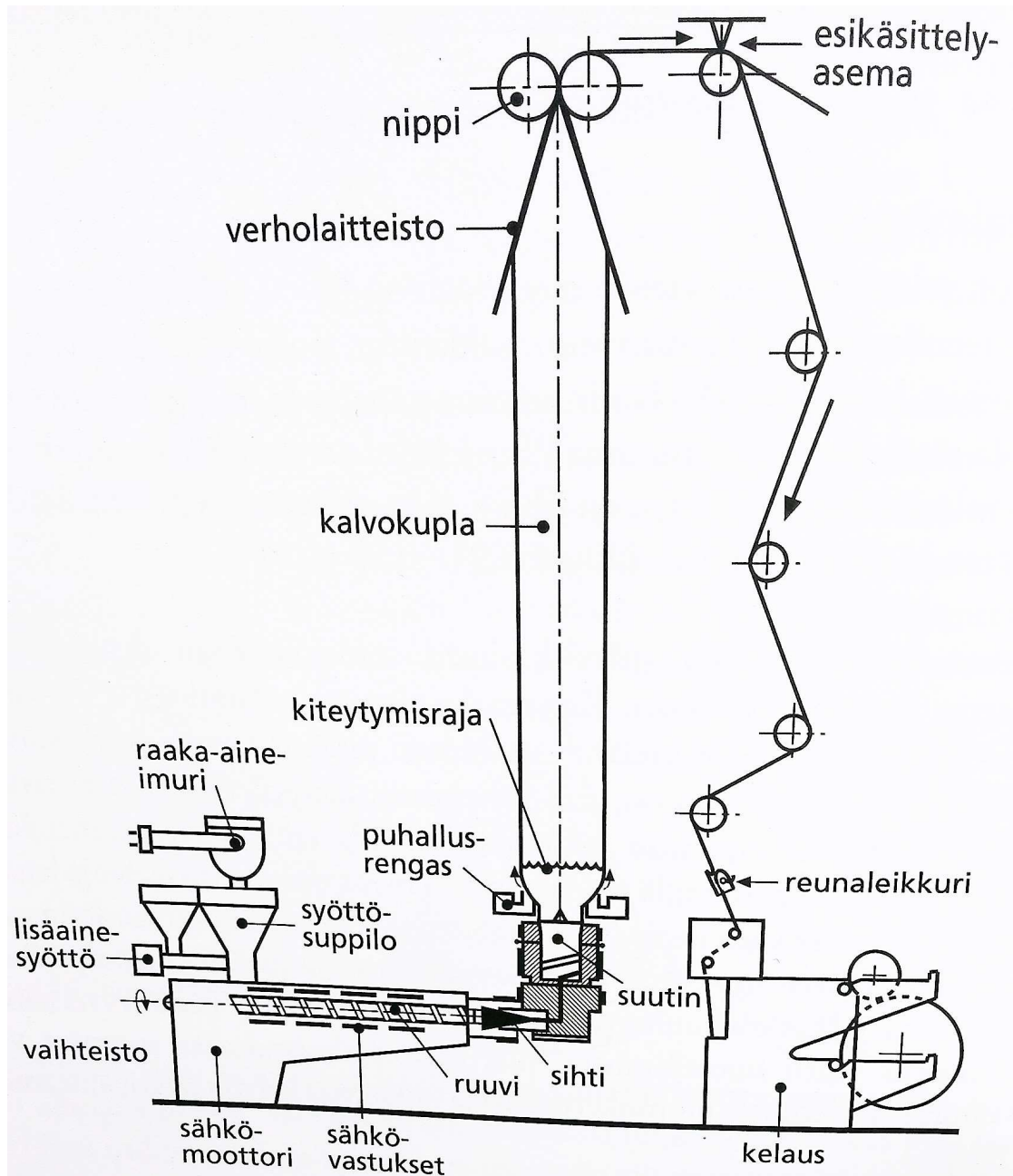
Polypropeenista valmistetaan muun muassa putkia, kalvoja, säiliöitä ja leluja. Polypropeenia käytetään paljon narujen ja nauhojen kuituvahvikkeena, koska venytettynä se on vahva ja kulutuksenkestävä. Polypropeenia voidaan taivuttaa useita kertoja sen sarnaominaisuuden ansiosta, tämän takia siitä valmistetaan muun muassa pullonkorkkeja. Myös autoteollisuus käyttää tuotteissaan paljon polypropeenia. (Järvinen 2000: 92; Järvinen 2008: 40–47; Järvinen 2016: 98–99; Kurri ym. 2008: 25; Polypropeeni 2016: 3.)

4.1.3 Muovien valmistus

Muovien yleisimpiä valmistusmenetelmiä ovat ruiskuvalu ja ekstruusio eli suulakepuristus. Ekstruusio on käytetyin muovin valmistusmenetelmä Suomessa. Opinnäytetyön yhteistyöyritykset Piippo Oyj ja FL-Pipe Oy käyttävät ekstruusiota valmistusmenetelmänä tuotteilleen.

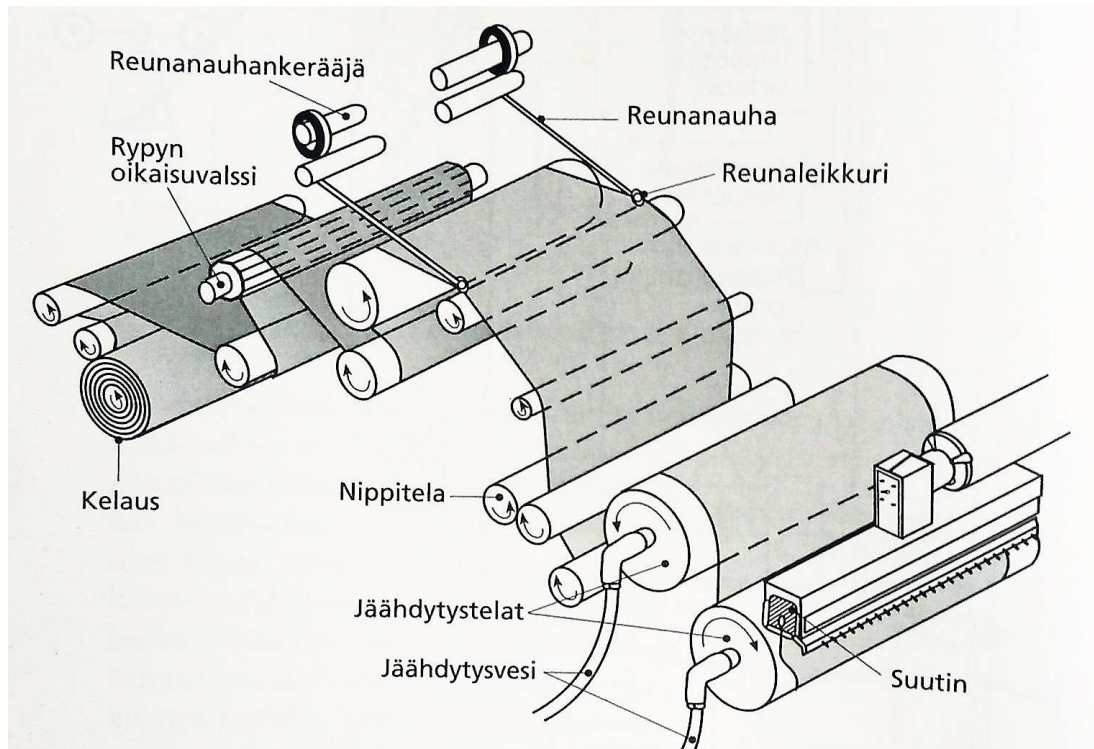
Ekstruusiossa muoviraaka-aine sulatetaan ja sekoitetaan lisä- ja väriaineiden kanssa, jonka jälkeen massa puristetaan halutun muotoisen suuttimen läpi. Suulakepuristuksen tärkein osa on ekstruuderin eli suulakepuristin, joita löytyy sekä yksi- että kaksiruuvisina. Kestomuovien työstöön käytetään yksiruuviekstruuderia ja polyvinyylikloridin työstöön kaksiruuvipuristinta. Ruuvipuristin koostuu sylinteristä, jonka sisällä pyörii kierteinen ruuvi. Ruuvien kierteiden väliin jäävä tilavuus pienenee kohti suutinta, mikä aiheuttaa paineen nousun sylinterissä. Ekstruuderin lämpötila kasvaa syöttövyöhykkeeltä suuttimelle päin kitkan aiheuttaman lämmön avulla ja muovi sulaa vähitellen. Kitkan määrää voidaan säädellä ruuvien kierrosnopeuden avulla. Ruuvien lopussa olevan sekoitusvyöhykkeen avulla muovisula tasa-aineistetaan. Sylinterissä olevia ruuveja on erilaisia. Ruuvien koon ja muodon avulla voidaan säätää painetta, kitkaa ja materiaalin tarttuvuutta sylinteriin.

Ekstruusiolla valmistetaan muun muassa putkia, köysiä, kalvoja ja levyjä. Ekstruusion avulla valmistetaan myös monikerroskalvoja ja päällystetään esimerkiksi kartonkia. Kalvoja valmistetaan sekä puhallus- että tasokalvomenetelmällä. Piippo Oyj käyttää näistä kumpaakin menetelmää. Puhalluskalvomenetelmässä ekstruuderista tuleva muovi puristetaan puhallusrenkaan läpi muoviletuksi. Muoviletkun pää suljetaan puristustelojen ja suuttimen väliin, jossa letku laajennetaan halutun suuruiseksi ilmanpaineen avulla. Tämän jälkeen kalvo kulkee esikäsitelyaseman kautta reunaleikkurille, jonka jälkeen kalvo kelataan rullalle. Kuvassa 4 esitetään kalvopuhalluskoneen toiminta. Puhalluskalvon valmistuksessa käytetyimmät muovilaadut ovat polypropeeni ja polyeteeni.



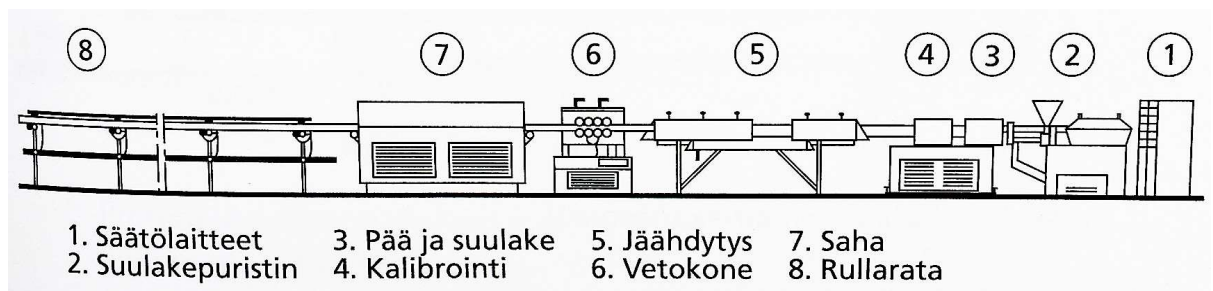
Kuva 4. Puhalluskalvon valmistus (Kurri ym. 2008: 104)

Tasokalvomenetelmässä sulatettu raaka-aine puristetaan tasosuuttimen läpi jäähdytys-
teloille ja reunaleikkurin kautta kelaukseen (Kuva 5). Tasokalvomenetelmässä käytetään
polyvinyylikloridia, polystyreeniä ja polypropeeniä, mutta myös muovien yhdistelmäkal-
voja, joissa polyeteeni on yleensä yhtenä raaka-aineena.



Kuva 5. Tasokalvon valmistus (Kurri ym. 2008: 108)

Putkia valmistetaan suulakepuristamalla niille suunnitelluilla erikoissuuttimilla ja kalibrointityökalun avulla. Putkia valmistetaan kuvan 6 mukaisella tuotantolinjalla. Suulakepuristimessa sulatettu muoviraaka-aine kulkee suulakkeen ja kalibroinnin läpi jäähdytykseen. Jäähdytyksestä vetokone vetää muoviprofiilin katkaisusahalle, josta putki päätyy rullaradalle ja pakkaukseen. Suulakkeita ja kalibrointia vaihtamalla voidaan valmistaa eri muotoja ja profiileita. FL-Pipe valmistaa putket suulakepuristamalla. FL-Pipe käyttää suulakkeita, joissa on kolme kanavaa. Suulakkeilla voidaan valmistaa monikerros profiileita, joissa voidaan käyttää eri materiaaleja. Putken pinta ja sisäosa voidaan valmistaa eri aineesta kuin putken ydin. (Järvinen 2008: 175–177; Kurri ym. 2008: 100–109, 115–117; Ljungberg 2016; Ylimys 2016.)



Kuva 6. Putken valmistus suulakepuristamalla (Kurri ym. 2008: 115)

Ruiskuvalu on suosittu muovin valmistusmenetelmä ekstruusion ohella. Ruiskuvalulla valmistetaan kestopuovisia muotokappaleita useissa eri muodoissa ja väreissä. Ruiskuvaluprosessissa muovi tasa-aineistetaan ensin sylinterissä, minkä jälkeen sulanut massa ruiskutetaan valmiiseen muottiin. Muovin annetaan jähtettyä muotissa, minkä jälkeen kappale työnnetään ulos muotista. Hyvin suunniteltu muotti on tärkeä osa ruiskuvaluprosessia. (Järvinen 2008: 180; Kurri ym. 2008: 73–74.)

4.1.4 Muovien lisäaineet

Muoveissa käytetään lähes aina lisäaineita. Lisäaineiksi kutsutaan kaikkia täyte-, lujite- ja apuaineita. Lisäaineita käyttämällä muoveihin pyritään saamaan käyttökohdetta vastaavat ominaisuudet ja lisäämään muovien käyttöikä. Lisäaineilla vaikutetaan muun muassa muovin työstöön, lujuuteen ja hintaan. Valtamuoveista saadaan lisäaineistamalla ominaisuuksiltaan ja hinnaltaan lähes teknisiä muoveja vastaavia. Muovien tiheys saattaa muuttua niihin lisättävien täyte- ja lujiteaineiden takia, mutta apuaineet eivät juuri vaikuta tiheyteen. Lisäaineet vaikeuttavat muovien kierrätystä, koska lisäaineita ei yleensä merkitä tuotteen teknisiin tietoihin, jolloin lisäaineilla voi olla negatiivisia vaikutuksia uudelleen käytön kannalta (Järvelä & Järvelä 2015: 8).

Täyteaineita käytetään ensisijaisesti tuotteen hinnan alentamiseksi muoviraaka-aineen hinnan nousun takia, mutta myös jäykkyyden ja kovuuden lisäämiseksi. Täyteaineiden käyttöä on lisännyt laajempi täyteaine valikoima ja kehittyneet muovin valmistustekniikat. Täyteaineiden avulla voidaan vaikuttaa myös muovin pinnanlaatuun, painoon ja viskositeettiin. Täyteaineita käytetään yleensä vähintään 10 prosenttia, mutta niitä voidaan käyttää jopa 70 tilavuusprosenttia. Täyteaineiden valintaan tulee kiinnittää erityistä huomiota, sillä väärällä täyteaineella tai täyteaineen määrällä muovin ominaisuudet voivat huonontua merkittävästi. Täyteaineita käytetään lähinnä kestopuovien valmistuksessa.

Lasikuitu ja mineraalit ovat yleisimmin käytettyjä täyteaineita. Lasikuitua käytetään pehmeiden muovien jäykistämiseen ja lyhytaikaisen lämmönkestävyyden parantamiseen. Lasikuitua ei käytetä kalvonvalmistuksessa, lisäksi lasikuitu voi aiheuttaa karhean pinnanlaadun. Mineraaleilla tuotteen pinnanlaatu saadaan tasaiseksi, lisäksi ne ovat edullisia ja niitä käyttämällä muovista saadaan hieman jäykempi. Muovin valmistustekniikoista mineraaleja käytetään ekstruusiassa ja ruiskuvalussa. Mineraaleina käytetään muun muassa talkkia ja kalsiumkarbonaattia. Talkin avulla tuotteeseen saadaan vähäkihtainen pinta ja lisää jäykkyyttä. Kalsiumkarbonaatti vähentää muovin kutistumaa sekä parantaa

pinnanlaatua ja lämmönkestävyyttä. Kalsiumkarbonaatin ja titaanioksidin seoksella voidaan alentaa muovin tiheyttä. Mineraalipartikkelit muodostavat tuotteeseen ilmataskuja, ja tuote ikään kuin vaahtoutuu.

Apuaineita on runsaasti erilaisia. Apuaineiden osuus muovista on varsin pieni, ja ne seostetaan muoviin usein ennen työstöä. Tunnetuimpia apuaineita ovat antistaattiset aineet sekä UV- ja lämpöstabilaattorit. Antistaattisilla aineilla pyritään estämään pölyn kertyminen tuotteen pinnalle sekä hankauksesta aiheutuvat sähköiset varaukset, jotka voivat pahimmillaan aiheuttaa räjähdysten. Kalvosteellisuus käyttää paljon antistaattisia aineita, mutta ne eivät sovellu tuotteisiin, jotka ovat kosketuksissa elintarvikkeiden kanssa. UV-stabilaattorilla estetään muovin haurastuminen auringonvalon vaikutuksesta. UV-suojauksessa on otettava huomioon tuotteen käyttöolosuhteet. Maatalouskalvoille vaaditaan hyvää auringonvalonkestoa, mutta on huomioitava, että jotkut suoja-aineet reagoivat kasvimyrkkyjen kanssa. Lämpöstabilaattoreita käytetään sulatyöstön yhteydessä, estämään muovien hajoaminen. Apuaineina käytetään lisäksi muun muassa tarttumisenestoaineita, nukleointiaineita, ristisilloittumisaineita, sopeuttajia, pehmittimiä ja bakteerien kasvun estoaineita. (Järvinen 2008: 27, 206–211; Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007: 90–91; Kurri ym. 2008: 29–33, 67.)

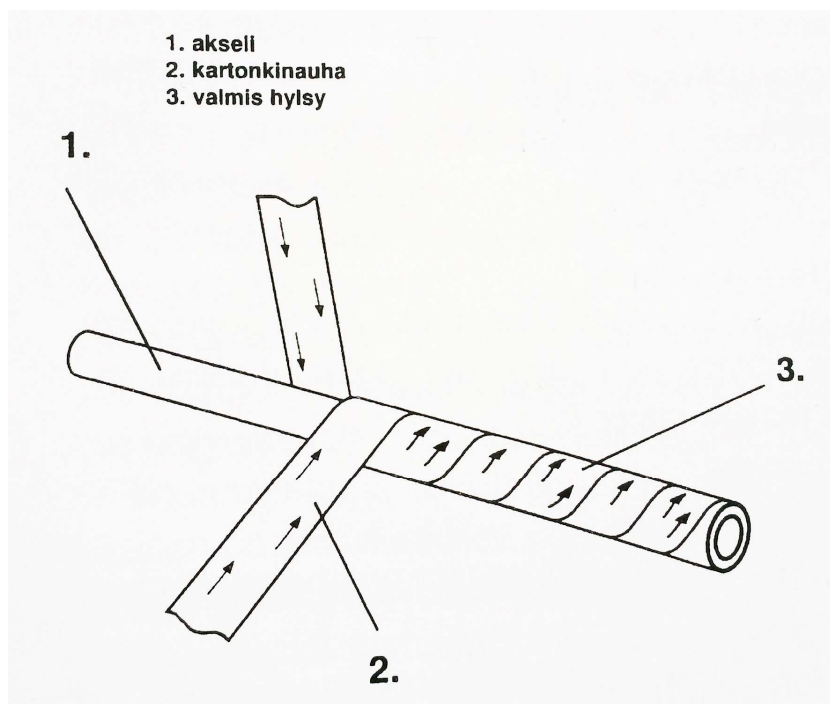
Kompaundoinnin avulla muoviin voidaan seostaa mahdollisimman tasaisesti pigmentit ja lisäaineet. FL-Pipe Oy:llä on käytössään polymeerien ja komposiittien kompaundointilaitteisto. Prosessissa käytetään kantoaineena polypropeenia tai polyeteeniä sekä täyteaineena kalsiumkarbonaattia tai talkkia. Kompaundointi on haastava ja monivaiheinen prosessi. Prosessiin kuuluu esisekoitus, jossa pigmentti ja lisäaineet sekoitetaan polymeeriin. Esisekoituksen jälkeen pigmentti kostutetaan polymeerillä ja seostetaan. Lopuksi muovimassa leikataan granulaateiksi, kuivataan ja pakataan. (FL-Pipe Oy 2016; Järvinen 2008: 214–215.)

4.2 Kartonki

Paperin- ja pahvinkeräys sekä hyötykäyttö raaka-aineena ovat vanhimpia jätteen hyötykäyttömuotoja Suomessa. Paperin ja kartongin jalostus on kannattavaa liiketoimintaa. Suomessa paperi- ja pahvipakkausten tuotanto ja käyttö ovat pakkausmateriaaleista suurimmat.

Keräyspaperi- ja pahvi hyödynnetään paperiteollisuuden raaka-aineena. Keräyspahvia saadaan eniten kauppojen aaltopahvilaatikoista. Aaltopahvi on kierrätyksen jälkeen arvokas raaka-aine, koska se on valmistettu lujista kuiduista. On kuitenkin huomattava, että pahvista saatava kuitumateriaali heikkenee kierrätyksen myötä. Jokaisen käyttökerän jälkeen kuitu lyhenee ja se voidaan kierrättää uudelleen noin 5–6 kertaa. Kierrätyksen lopussa pahvi voidaan hyödyntää muun muassa energiana. Suomessa aaltopahvin kierrätys on ensiluokkaista. (Hänninen 2010: 66–71; Karhuketo ym. 2004: 10–13.)

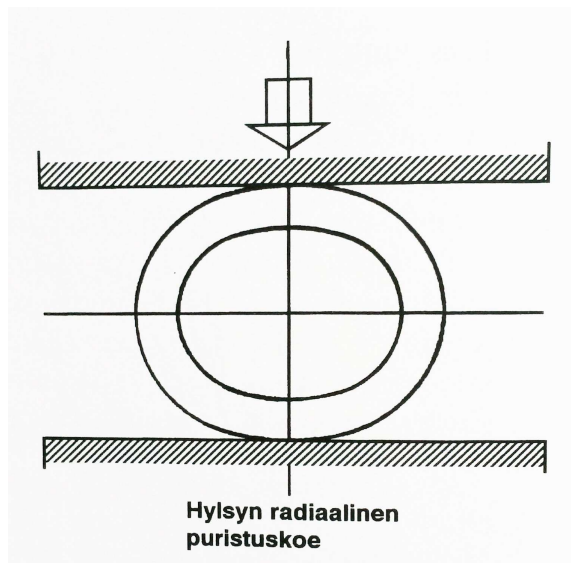
Kartonkihylsyn valmistukseen käytetään kierrätettyä aaltopahvia. Kartonkinen kierrehylsy valmistetaan useista liimaan kastetuista kartonkinauhoista. Nauhat kierretään liittäin tarkasti mitoitettun teräsakselin ympärille. Nauhoista muodostuu kartonkinauha-kerroksista koostuva seinämä. Korkealaatuisiin hylsyihin käytetään noin 25–30 hylsynauhaa. Lopuksi hylsyt leikataan määrämittaan ja kuivataan. Kartonkihylsy valmistetaan noin 90 prosenttisesti kierrätysraaka-aineista. Kuvassa 7 esitetään kartonkihylsyn valmistus.



Kuva 7. Kartonkihylsyn rakenne (Karhuketo ym. 2004: 185)

Valmiista hylsyistä testataan muun muassa lujuutta, mittatarkkuutta ja kosteutta. Hylsytön lujuusvaatimukset ovat ajan myötä nousseet, ja tämän myötä siihen käytettäville raaka-aineille on tullut tarkempia kriteereitä. Tärkein hylsulle tehtävä testi on radiaalinen

puristuslujuuskoe (Kuva 8). Mittatarkkuutta seurataan hylsyn sisä- ja ulkomittojen avulla, joiden raja-arvo on vain 0,2–0,4 millimetriä.



Kuva 8. Hylsyn puristuslujuuskoe (Karhuketo ym. 2004: 186)

Tuotannon kannalta kartongin luhistuminen on ongelmallista, sillä kosteissa olosuhteissa, pahvi voi luhistua jo omasta painostaan. Pahvin ihanteellinen varastointilämpötila on noin 0–30 astetta ja suhteellinen ilmankosteus 40–50 prosenttia. Mikäli pahvia säilytetään lämmittämättömissä tiloissa, se tulee ottaa huoneenlämpöön muutama päivä ennen käyttöönottoa. Kartonkihylsy saattaa menettää myös mittatarkkuutensa varastointilämpötilan vaihtuessa. (Aaltopahvi käyttäjän käsikirja: 27; Ylimys 2016.)

Kartonkihylsyä käytetään rullauspohjana muun muassa muovikalvoille, tekstiileille ja paperille. Hylsyä voidaan käyttää myös rakennusteollisuudessa tai esimerkiksi postitusputkena. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007: 141; Karhuketo ym. 2004: 184–186.)

5 Muovihylsyn suunnittelu- ja valmistusprosessi sekä käyttö

5.1 Työn tausta

Piippo Oyj on jo aiemmin tutkinut pahvihylsyn korvaamista muovihylsillä. Yritys lähetti omaa jätegranulaattiaan FL-Pipe Oy:öön, jossa testihylsyt valmistettiin. Piippo Oyj:n Outokummun tehtaalla hylsyihin ajettiin verkkorullat. Valmiit rullat lähetettiin testikäyttöön

paalajille. Projekti jäi kuitenkin kesken. Ongelmaksi muodostui muovihylsyn kokoon painuminen kelauksen jälkeen sekä rullan luistaminen kelauskoneessa.

Tällä hetkellä paalausverkon rullauspohjana toimii Super Core -merkkinen kartonkihylsy. Piippo Oyj hankkii kartonkihylsyt useista eri yrityksistä hylsyn käyttökohteen mukaan. Hylsy on luja ja kartongiksi hyvin kosteutta kestävä sekä toimii akseli- ja kaukalokiinnitteisessä paalainkoneessa. Lisäksi hylsyn sisällä on verkon laaduntarkistusnumero, jonka avulla voidaan selvittää verkkorullan tuotantoerä.

Piippo Oyj on edelleen kiinnostunut muovihylsyn käyttömahdollisuuksista ja siitä, miten tehtaan muovijätettä voidaan hyödyntää uudelleen ja kierrätysaste saadaan mahdollisimman suureksi. Edellisen kokeilun jälkeen Piippo Oyj on tehnyt uudistuksia paalausverkkolaitteisiinsa. (Piippo 2016; Ylimys 2016.)

5.2 Tuotekehitys ja muovituotteen suunnittelu

Tuotteen suunnittelussa on otettava huomioon tuotteen elinkaari aina raaka-aineesta loppukäyttäjän kautta takaisin uuteen tuotantoprosessiin. Suunnittelussa on huomioitava tuotteen käyttö ja käyttöympäristö sekä miten muovit käyttäytyvät eri olosuhteissa. Eri-tyisesti muovien suunnittelussa tulee huomioida muovissa tapahtuvat muodonmuutokset kuormituksen alaisena sekä lyhyt- ja pitkäaikaisissa sallituissa käyttölämpötiloissa. Muovi on monipuolinen raaka-aine, mutta sitä on osattava käyttää oikein ja oikeanlaisiin tuotteisiin. Monipuolisuudesta huolimatta muovin ominaisuudet rajoittavat sen käyttöä, eikä se sovellu kaikkiin käyttötarkoituksiin. Muovituotteita suunnitellessa tulee tietää muovien valmistustekniikat ja valita sen pohjalta tuotteen valmistusmenetelmä. Muovi mahdollistaa joustavammat tuotantotavat kuin monet muut materiaalit. Tuotesuunnitteluun kuuluu olennaisena osana myös tuotteen markkinointi. Lisäksi suunniteltavan tuotteen tulee olla taloudellisesti kannattava. (Järvinen 2016: 16, Kurri ym. 2008: 22, 70–71; Taideteollinen korkeakoulu 2016.)

Muovin valinta voi olla haastavaa, koska muovilaatuja on satoja erilaisia. Helpoin menetelmä oikean muovin valintaan on tehdä lista tuotteelle vaadituista ominaisuuksista. Muovihylsulle vaadittavia ominaisuuksia ovat jäykkyys, lujuus, virumisen kestävyys, UV-säteilyn kesto, lämmönkestävyys ja kierrätettävyys. Lisäksi tulee kiinnittää huomiota muovin työstömenetelmän valintaan, koska kaikkia muoveja ei voi, eikä ole kannattavaa,

työstää samoilla menetelmillä. Muovihylsyn valmistukseen käytössä oleva menetelmä on ekstruusio, joten materiaalit on valittava sen mukaisesti. Kaikkia kestopuoveja eli myös polypropeenia ja polyeteeniä voidaan työstää ekstruusion avulla. Muovin esivalintaa tehdessä voidaan tehdä myös standardin mukaisia testejä ja verrata niiden perusteella muovin soveltuvuutta käyttökohteeseen. Materiaalin soveltuvuus täytyy kuitenkin testata vielä valmiista tuotteesta, jotta voidaan olla varmoja materiaalin soveltuvuudesta kyseiseen käyttökohteeseen. Valmiista muovihylsystä voidaan testata muun muassa rengasjäykkyyttä. (Järvinen 2008: 149, 198–200; Kurri ym. 2008; 65.)

Muovit ovat ominaisuuksiltaan pehmeitä esimerkiksi lasiin ja metalliin verrattuna, mutta lujitettuna muovi voi olla lähes teräksen luokkaa. Muovien erot voivat olla suuria jäykkyyden suhteen. Muovit voivat olla esimerkiksi kovia ja hauraita tai elastisia ja muotoonsa hyvin palautuvia. Muovin mekaaniset ominaisuudet ovat kuitenkin helposti muunneltavissa moneen muuhun materiaaliin verrattuna. Kierrätysmuovien mekaaniset ominaisuudet ovat yleensä huonompia kuin neitseellisen muovin ja ominaisuuksia joudutaan parantamaan lisäaineiden avulla. Muovit kestävät yleensä paremmin puristus- kuin vetojännitystä. Muovituotteita suunniteltaessa suurin jännitys kannattaa kohdistaa puristuspuolelle. Liian suuri jännitys aiheuttaa tuotteeseen pysyvän muodonmuutoksen tai tuote hajoaa säröilemällä. Muovituotteeseen voidaan saada lisää lujuutta lisäaineilla tai mitoitusta suurentamalla. Muovihylsy pitää suunnitella riittävän lujaksi, jotta se kestää kelauksesta syntyvän puristuksen ja verkon kuorman. (Eskelinen ym. 2016: 28; Järvinen 2008: 150–153; Kurri ym. 2008: 23; Muoviteknologia 2016.)

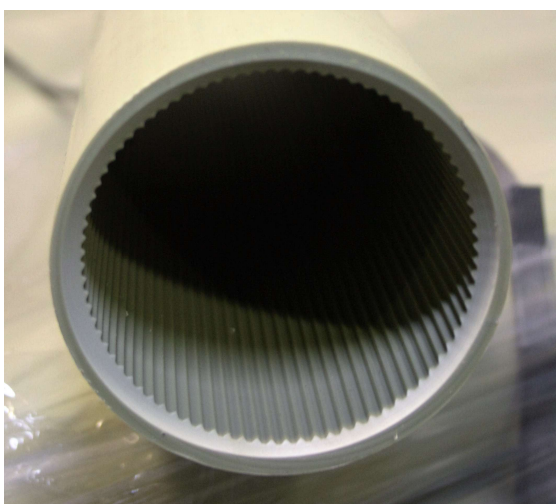
Muovituotteen suunnittelussa tulee huomioida muovin viruminen. Virumisella tarkoitetaan palautumatonta ajan myötä tapahtuvaa muodonmuutosta kuormituksen alaisena. Kestomuoveille viruminen on tyypillistä. Virumista voidaan vähentää kasvattamalla muovin kiteisyyttä. Muovit voivat virua jo huoneenlämmössä ja lämpötilan nousu lisää virumisnopeutta. (Kurri ym. 2008: 59–60, 224.) Muovihylsy altistuu virumiselle varastoinnin aikana. Hylsyyn kohdistuva verkon aiheuttama kuorma voi aiheuttaa virumista.

Muovit ovat arkoja kylmähauraudelle eli ne haurastuvat ja kovettuvat pakkasessa. Muoveilla tapahtuu myös lämpöelämistä, mikä aiheuttaa muovien ominaisuuksien muuttamista korkeammassa lämpötiloissa. Muovien mitat tyypillisesti pienenevät kylmässä ja suurenevat lämpötilan noustessa. Alhainen jäykkyys ja osittainen kiteisyys saattavat lisätä lämpöelämistä. Polyeteenillä tapahtuu lämpöelämistä jo 40 asteessa ja sen ominai-

suudet voivat muuttua. Kestomuoveilla jäykkyys ja lujuus saattavat laskea jopa viidesosaan suurimmissa sallituissa käyttölämpötiloissa. Muovien kylmänhauraus ja lämpöeläminen tuottavat haasteita tuotteen käyttökohteessa, varastoinnissa ja kuljetuksessa. Muovit tulisi säilyttää valolta, kylmältä ja kosteudelta suojassa. (Järvinen 2008: 150–153; Kurri ym. 2008: 33, 61; Taideteollinen korkeakoulu 2016.)

Muovituotteiden suunnittelussa voidaan pitää etuna muovien tiheyttä. Kestomuovien tiheys on jopa vettä alhaisempi, mikä mahdollistaa keveiden tuotteiden valmistuksen. Keveydestä on hyötyä muun muassa kuljetuksessa ja tuotteiden käsittelyssä. Suunniteltavan muovihylsyn tulee olla riittävän kevyt, koska valmiita paalausverkkorullia siirretään ja asennetaan käsikäyttöisesti. Lisäksi kuljetusliikkeillä on painorajoituksia paalausverkkolavojen suhteen, jotka eivät saa ylittyä. Suunniteltavan hylsyn painoa voidaan laskea muun muassa täyteaineita vähentämällä tai lasikuitua käyttämällä, jolloin saadaan tuotteeseen lisää lujuutta painoa kasvattamatta. (Järvinen 2008: 150–153; Ljungberg 2016; Ylimys 2016.)

Hylsyn suunnittelussa tulee huomioida paalainkoneiden asettamat vaatimukset. Paalainkoneita on sekä akseli- että kaukalokiinnitteisiä. Akselikiinnitteisen paalainkoneen toimivuuden kannalta muovihylsyyn tehdään sisäpinnan uritus (Kuva 9), joka parantaa koneen jarrukynnen pitoa. Sileällä pinnalla jarrukynsi luistaa, eikä kone toimi halutulla tavalla. Kartonkihylsyn vaatimuksena on, ettei materiaali saa olla liian lujaa, jotta jarrukynsi pääsee puremaan hylsyn sisäosaan. Kaukalokiinnitteisessä paalainkoneessa ei ole edellä mainittuja vaatimuksia hylsyn suhteen. (Ylimys 2016.)



Kuva 9. Hylsyn sisäpinnan rakenne

Muovituotteet valmistetaan useimmiten sarjatuotantona. Se vaatii suunnittelussa erikoisosaamista muovityökalujen osalta. Ekstruusiossa tarvitaan erimuotoisia ja -kokoisia suulakkeita erilaisille tuotteille. Suulakkeen avulla muovi saadaan halutun muotoiseksi. Muovihylsy valmistava FL-Pipe Oy on vastikään tehnyt uudistuksia suulakepuristuslinjastoonsa, joten hylsyn suunnittelu sattui optimaaliseen aikaan. (Kurri ym. 2008: 71; Ljungberg 2016.)

Muovituotteiden hyvällä suunnittelulla voidaan saada energian ja luonnonvarojen säästöä. Muovien uudelleen kierrätettävyyden kannalta materiaalit tulisi valita mahdollisimman yhteensopiviksi ja suosia yhtä materiaalia sisältäviä tuotteita ja käyttää lisäaineita vain tarpeen mukaan. Lisäksi tuotteen valmistukseen käytetään vain sen verran materiaalia, mikä on toimivuuden kannalta tarpeellista. Muovituotteet ovat kehittyneet entistä ohuimmiksi ja kevyemmiksi laadukkaampien muovien ja lisäaineiden kehitystyön ansiosta. Tuotteen suunnittelu vaiheessa otetaan huomioon myös tuotantohylyn minimointi. Tuotantohylkyä syntyy aina noin 2–15 prosenttia. Tuotantohylkyä voidaan vähentää suunnittelulla ja pitämällä tuotantojäte mahdollisimman puhtaana niin, että siitä voidaan valmistaa uusioraaka-ainetta. Tuotannon hukka kerätään, rouhitaan ja syötetään tuotantoprosessiin neitseellisen raaka-aineen mukaan mahdollisimman nopeasti. Hukkaa voidaan lisätä neitseellisen raaka-aineen joukkoon noin 20 prosenttia. Tuotantohylky käytetään mahdollisuuksien mukaan saman tuotteen tuotantoon tai sille voidaan kehittää uusi käyttökohde. Mikäli tuote suunnitellaan uudelleenkäytettäväksi, sen tulee kestää kuljetus ja käsittely turvallisesti useita kertoja. Jos materiaalia ei voida uudelleen käyttää sellaisenaan, se hyödynnetään ensisijaisesti materiaalina. Uusiomateriaalin voi valmistaa myös siihen erikoistunut yritys, jos yritys ei itse pysty kierrättämään tuotantohukkaansa. Opinnäytetyössä kehiteltävä muovihylsy on innovatiivinen esimerkki uuden käyttökohteen kehittämiseksi, kun tuotannon muu hukka on jo hyödynnetty Piippo Oyj:n omassa tuotannossa. (Eskelinen ym. 2016: 5; Järvelä & Järvelä 2015: 23; Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007: 276–277; Järvinen 2008: 160–161.)

5.3 Muovihylsyn valmistus ja käyttö

Muoviset testihylsy valmistettiin FL-Pipe Oy:n tehtaalla Kaustisen kunnassa. Piippo Oyj lähetti FL-Pipelle omaa jätegranulaattiaan suurissa oktabiineissa. Hylsyjen valmistuksessa käytettiin Piippo Oyj:n uusiomuovia sekä FL-Pipe Oy:n kompaundia eli muovin ja

lisäaineiden seosta. Resepti optimoitiin parhaaksi mahdolliseksi ja uudella reseptillä hylsyihin pyrittiin saamaan riittävä lujuus mahdollisimman alhaisella ainepaksuudella. Alhaista ainepaksuutta tavoiteltiin, koska tuotteen painoa ei haluttu turhaan kasvattaa ja raaka-ainetta pyrittiin käyttämään mahdollisimman vähän. Lopputuotteessa uusio-
muovin osuus oli noin 60 prosenttia. (Kurri ym. 2008: 34; Ljungberg 2016; Ylimys 2016.)

Muovihylsyet valmistettiin ekstruusiolla putkituotteiden valmistukseen suunnitellulla tuotantolinjalla, josta on tarkempi kuvaus luvussa 4.1.3 Muovien valmistus. Hylsyet kulkivat pitkän tuotantolinjan läpi leikkurille, jonka jälkeen hylsyet kuvattiin sisältäpäin roskien ja muiden sinne kuulumattomien asioiden takia. Läpivalaistuksen tarkastamien hylsyjen päät viistettiin, jotta paalaimen asennus olisi helpompaa. Lisäksi hylsyet tarkastettiin silmäääräisesti sekä mitattiin hylsyn sisähalkaisija ja rengaspaksuus. Hylsyjen annettiin jäähtyä ja kristallisoitua, jonka jälkeen valmiista hylsyistä mitattiin rengasjäykkyys EN ISO 9969 standardin mukaisesti seuraavana päivänä. Standardin mukaisesti 300 mm:n mittaista alle 100 mm:n sisähalkaisijalla olevaa testikappaletta puristettiin tasaisesti 7,5 Newtonin voimalla, nopeudella 2 mm/min, kunnes saavutettiin vähintään 3 prosentin painuma putken todelliseen sisähalkaisijaan nähden. Tulosten pohjalta laskettiin rengasjäykkyys kolmelle testikappaleelle. (EN ISO 9969; Ljungberg 2016.)

Valmiit hylsyet lähetettiin Piippo Oyj:n Outokummun tehtaalle, jossa hylsyistä testattiin puristuslujuus ennen varsinaista koeajoa. Puristuskokeessa testihylsyyn kohdistettiin kasvava puristusjännitys ja pituuden muutosta seurattiin kuormituksen funktiona. Puristuskoetta varten valmistettiin erilliset puristuslevyt, joiden avulla testihylsyyn saatiin tasainen kuormitus. Hylsyille suoritettiin varsinainen koeajo neljän rullan kelausyksikössä, jossa hylsyihin ajettiin verkkorullat. Kelausyksikköä on uudistettu niin, että verkkorulla jää nyt kolmen telan väliin, kun aiemmin verkkorulla pyöri vapaasti kahden telan päällä. Valmiista verkkorullista testattiin vielä putkitulkillä, onko hylsy säilyttänyt muotonsa kelauksessa. (EN ISO 9969; Kurri ym. 2008: 197; Ylimys 2016.)

Ensimmäinen muovihylsyjen testierä valmistettiin lokakuun 2016 lopussa. Hylsyjen puristuslujuus ei saavuttanut vastaavaa lujuutta kuin pahvihylsyssä. Muovihylsyet päätettiin kuitenkin koeajaa, jotta voitaisiin päätellä, riittääkö kyseinen lujuus kannattelemaan verkon kuormaa ja kelauksen aiheuttamaa puristusta. Muovihylsy kesti kelauksen aiheuttaman puristuksen hyvin. Hylsy ei mennyt soikeaksi, kuten edellisellä testikerralla. Alhainen lujuus aiheutti kuitenkin ongelmia paikallisesti kohdasta, jossa verkko kutoutuu hie-
man eri tavalla ja aiheuttaa suuremman puristuksen hylsyyn. Paikallisesti putkitulkki ei

mennyt hylsyn läpi, vaan hylsyssä oli silminnähdyn painauma. Kyseinen lujuus ei siis riittänyt muovihylsulle paikallisesti, joten päätettiin valmistaa uudet testihylsyt suuremmalla ainevahvuudella. Ainevahvuutta kasvattamalla lujuutta saadaan kasvatettua, mutta materiaalia kuluu enemmän ja hylsyn paino nousee.

Uudet testihylsyet valmistettiin marraskuun 2016 puolivälissä. Ensimmäisestä testierästä poiketen hylsyet valmistettiin ensimmäisen testierän hylsyistä rouhimalla, eikä valmistukseen käytetty puhdasta granulaattia. Muovihylsyjä valmistettiin samalla kertaa kahdella eri ainevahvuudella. Kahta eri ainevahvuutta valmistamalla pyrittiin optimoimaan hylsulle tarvittava lujuus ainevahvuutta turhaan kasvattamatta. Uusista hylsyistä mitattiin rengasjäykkyydeksi tasaisesti suurempia arvoja ainevahvuuteen nähden. Hylsyjen lujuus kasvoi oletetusti ainevahvuuden kasvaessa. Uudet testihylsyet koeajettiin Piippo Oyj:n tehtaalla marraskuun lopussa. Ensimmäinen koeajo ei onnistunut oletusten mukaisesti vaan hylsyn lujuus petti paikallisesti enemmän kuin ensimmäisen testierän pienemmällä ainevahvuudella. Hylsyjen tarkempi tarkastelu osoitti, ettei muovisula ollut sekoittunut tasaisesti hylsyn valmistusvaiheessa. Voitiin olettaa, että muovisulan huono sekoittuminen johtui hylsyjen valmistuksessa käytetystä muovirouheesta granulaatin sijaan. Aineen epätasaisuus saattoi vaikuttaa lujuuden vaihteluihin paikallisesti. Koska hylsyistä saadut rengasjäykkyyden arvot olivat suurempia kuin aikaisemmassa testierässä, olisi hylsyn kuulunut kestää kelauksessa paremmin kuin aikaisemmin. Hylsyet päätettiin vielä koeajaa erilaisilla kelausyksikön asetuksilla. Kelausyksikön säädöillä voitiin määrittää uudet optimiasetukset muovihylsulle. Uusilla kelausyksikön säädöillä koeajo onnistui hyvin keskiuurella ainevahvuudella, joten suurta ainevahvuutta ei ollut tarvetta koeajaa. Putkitulkki meni hyvin kaikkien testihylsyjen läpi ja hylsy oli säilyttänyt lujuutensa koko matkalta, eikä paikallisia lujuuden muutoksia ollut havaittavissa. Kuvassa 10 on muovihylsulle rullattu valmis paalausverkkorulla.



Kuva 10. Valmis paalausverkkorulla

Yleisesti muovihylsyä käytetään kalvoissa, joita säilytetään tai käytetään kosteissa tiloissa. Muovihylsyä käytetään tyypillisesti myös maatalouskalvojen rullauspohjana. Opinnäytetyössä suunniteltavaa muovihylsyä tullaan käyttämään rullauspohjana Piippo Oyj:n valmistamalle paalausverkolle. Paalausverkkoa käytetään pyöröpaalauksessa, joka on yksi yleisimmistä tavoista korjata rehua maataloilla. Paalausverkko asennetaan paikoilleen paalaimen avulla. Paalausverkon tarkoitus on pitää paali tiukkana pakettina, jolloin se toimii myös mekaanisena säilöntäaineena. Paalausverkkoa käytetään noin 2,5–4 kierrosta, jotta paali säilyttää kokonsa ja muotonsa. Paalaus tapahtuu aina ulkona, joten paalausverkolta vaaditaan hyvää kosteuden ja UV-valon kestoä. (Järvinen 2008: 178; Paalaustuotteet 2016; Tiainen 2013: 5, 14; Ylimys 2016.)

6 Materiaalien uudelleenkierrätys

Kestomuovit voidaan kierrättää useita kertoja ja osa muoveista myös niiden eri yhdistelmissä. Erilaisilla lisäaineilla, kuten stabilointiaineella, voidaan parantaa muovien kierrätettävyyttä. Muovihylsyssä käytettävät suurtiheyspolyeteeni ja polypropeeni on todettu hyvin kierrätystä kestäväksi ja niitä voidaan kierrättää myös yhdessä. Suurtiheyspoly-

eteenin ominaisuudet heikentyvät vasta 30 kierrätyskerran jälkeen, ja vielä 100 kierrätyskerran jälkeen suurtiheyspolyeteenillä on noin 80 prosenttia alkuperäisistä mekaanisista ominaisuuksista jäljellä. (Eskelinen ym. 2016: 5, 37.) Muovin uudelleenkierrätys helpottuu, mikäli tiedetään tuotteessa käytetty muovilaatu sekä lisäaineet. Koska hylsyyn käytetyt materiaalit ovat tiedossa, on sitä teoriassa helppo kierrättää vielä uudelleen, mikäli hylsy saadaan palautettua maataloilta kierrätykseen. Koska kierrätysmuoville on tällä hetkellä vain rajallinen määrä käyttökohteita, muovihylsy palvelee myös tätä tarvetta. Muovihylsyn valmistus parantaa muovijätteen kierrätysprosenttia Piippo Oyj:ssä, koska muovijäte saadaan hyödynnettyä yrityksen oman tuotteen raaka-aineena. Muovihylsyn etuna on myös sen kosteuden kesto pahvihylsyyn verrattuna. Kestomuovit imevät hyvin vähän vettä itseensä, eikä kosteus yleensä vaikuta muovin kovuuteen (Kurri ym. 2008: 63).

Ongelmia muovihylsyn uudelleenkierrätyksessä saattavat tuottaa siihen valmistuksessa lisättävät lisäaineet, joita joudutaan käyttämään riittävän lujuuden saavuttamiseksi. Uusiomuovin ominaisuudet saattavat heikentyä, jos niihin sekoittuu vieraita yhdisteitä tuotteen käytössä tai uudelleenprosessoinnissa. Muovin ominaisuudet voivat muuttua myös ulkokäytössä, jossa ne altistuvat lämpötilan vaihtelulle, valolle ja kosteudelle. Polypropeenin ominaisuuksien on todettu huonontuvan enemmän kesäaikaan, eli se on altis kuumalle ja UV-säteilylle. (Eskelinen ym. 2016: 5, 37; Järvelä & Järvelä 2015: 8.)

Kartonki voidaan kierrättää uudelleen materiaaliksi noin 5–6 kertaa. Maataloilla huono varastointimahdollisuus ja kosteus saattavat pilata kartonkihylsyn uudelleenkierrätysmahdollisuuden. Kartonki imee kosteutta itseensä, eikä ole enää kierrätyskelpoinen kosteana. Maataloilla kartonkihylsy on altis likaantumaa, jolloin se ei ole myöskään kierrätyskelpoinen. Mikäli kartonkihylsyä ei voida kierrättää materiaalina, se voidaan hyödyntää energiana. (Hänninen 2010: 65–67.)

Kummankin hylsyn uudelleenkierrätyksen ongelmana on sen palautuminen maataloilta kierrätykseen. Hylsyjä poltetaan ja haudataan maataloille, koska ei olla valmiita järjestämään materiaalin uudelleen kierrätystä. Uudelleenkierrätys tulisi tehdä mahdollisimman helpoksi jätteen tuottajille. Jätteen kierrättäminen ja asianmukainen jätteiden loppusijoitus ovat kuitenkin maanviljelijöiden vastuulla. Suomessa Ekokem Oyj keräilee kaikkia maataloilta syntyviä muovijätteitä, joten muovihylsyn laittaminen muun muovijätteen joukkoon on helppoa jätteen tuottajalle. Lisäksi eräät K-maatalouskaupat ottavat vastaan FL-

Pipen valmistamia muovihylsyjä. K-maatalouskaupan kautta suurin osa verkkorullan muovihylsyistä kulkeutuisi takaisin FL-Pipelle, jossa hylsy käytetään uuden hylsyn raaka-aineena. Pahvinkeräyspalvelua ei ole järjestetty maataloille, joten maanviljelijän vastuulle kuuluu kuljettaa hylsy asianmukaisesti kierrätyspisteisiin polttamisen sijasta. Mikäli hylsy poltetaan maatilalla, sekä pahvi- että muovihylsyn haitat poltosta ovat samantyyppiset eli materiaalia ei saada kierrätettyä tai energiaa ei saada otettua talteen jätteenpolttolaitoksella. Muovihylsy on valmistettu pääosin polyeteenistä ja polypropeenista, joita voidaan polttaa myös kotona korkeassa lämpötilassa. Polyeteenin ja polypropeenin palamistuotteena syntyy hiilidioksidia ja vettä, eikä poltosta synny ympäristölle haitallisia savukaasuja. Mikäli muovihylsy haudataan maahan, sen ympäristövaikutukset ovat huomattavat kuin kartonkihylsillä, koska muovihylsy ei maadu. (Alenius 2016: 3, 12; Lehtonen ym. 2015: 9; Ljungberg 2016; Muovilaadut.)

Koska Piippo Oyj:n paalausverkkotuotteita käytetään ympäri maailmaa, hylsy tulee kierrättää paalausverkon käyttäjään kierrätysohjeen mukaisesti. Yleisesti voidaan määrittää, että muovihylsy kuuluu muovinkeräykseen ja kartonkihylsy pahvinkeräykseen. Jos uudelleenkierrätys ei ole mahdollista, hylsy hyödynnetään energiana.

7 Kustannukset

Piippo Oyj käyttää tuotteissaan polyeteeniä ja polypropeenia, jotka kuuluvat valtaosin muoveihin ja ovat muovilaaduista edullisimpia. Muovien raaka-aineena käytetään yleisimmin öljyä, mutta raaka-aineena voidaan käyttää myös esimerkiksi hiiltä ja maakaasua. Muovien hinta vaihtelee tyypillisesti öljyn hinnan mukaan. Öljyn hinnan vaihtelu saattaa olla arvaamatonta. Piippo Oyj seuraa öljyn hintaa lähinnä siksi, että se vaikuttaa tuotteen valmistuksessa käytettävien syöttöaineiden hintoihin. Lisäksi muovin hintaan vaikuttavat kysyntä ja tarjonta. Neitseellisen muovin hinta vaikuttaa myös uusiomuovien hintaan. Uusiomuovien hintaa nostaa prosessointi jätteestä uudelleen käytettävään muotoon. (Järvelä & Järvelä 2015: 11; Kurri ym. 2008: 18; Ylimys 2016.)

Vuodesta 2015 lähtien muovialalla on ollut erikoinen tilanne, sillä öljyn hinta on alhaalla, mutta muovin hinta erityisen korkealla. Korkean kysynnän ja heikon tarjonnan vuoksi muovituotteita valmistavilla yrityksillä on ollut vaikeuksia saada raaka-aineita tuotteisiinsa. Vuoden 2015 lokakuusta lähtien erityisesti polyeteenin, mutta myös muiden valmistamien muovien saatavuus on ollut erittäin heikkoa. Muovien hinnat ovat vaihdelleet paljon ja

nousseet ennalta arvaamatta todella korkeiksi, mikä on ollut haitaksi muoviliiketoiminnalle. (Kärhä 2015; Kärhä 2016.)

Muovihylsystä saatiin kustannuksiltaan kartonkihylsyn kanssa hyvin kilpailukykyinen sen parempiin ominaisuuksiin nähden. Kustannuksissa huomioitiin muovihylsyn uusiomateriaalin valmistus-, kuljetus- ja uuden hylsyn valmistuskustannukset.

8 Pohdintaa

Muovihylsyn valmistuksen onnistumisen olennaisena osana voidaan Piippo Oyj:n laiteuudistuksia ja kelausyksikön uusia säätöjä sekä uudistuksia FL-Pipe Oy:n putkisuuttimissa. Kelausyksikön uudistuksen takia liukaspintainen muovihylsy ei enää luista koneessa, koska hylsy on puristettuna kolmen telan väliin. Aikaisemmin hylsy pyöri vapaasti telojen päällä, jolloin muovihylsy luisti verkon rullausvaiheessa. Lisäksi verkkonkelausyksikön kone- ja tuotekohtaisia säätöjä muutettiin ja etsittiin optimiasetukset uudelle tuotteelle. Verkkopaalaustuotannon kannalta hylsyn on toimittava moitteetta kelausyksikössä. Pahvihylsillä on ollut ongelmia mittatarkkuuden, luhistumisen ja koneessa luistamisen suhteen. Pahvihylsyn lujuus on myös pettänyt jostain kohdista kelauksen aikana. Pahvihylsyn varastointi ja säilytys ovat myös ongelmallisia tuotannon kannalta, sillä Piippo Oyj:n varasto on kylmää tilaa. Pahvihylsyjä ei voida myöskään säilyttää puhaltimien lähellä, sillä kuumuus saattaa pilata hylsyä. Muovihylsillä oli aikanaan ongelmia koneessa luistamisen suhteen, mutta tämän hetkiset muoviset testihylsyt toimivat moitteettomasti uudessa kelauslaitteessa. Muovihylsyn lujuus tulee olla riittävä, jotta se kestää kelauksen aiheuttaman puristuksen. Muovihylsyn mittatarkkuus on luotettavampi kuin pahvihylsillä sen jälkeen, kun hylsyt ovat valmiita ja tuotannossa. Muovihylsyn varastointi on myös helpompaa Piippo Oyj:n tehtaalla ja hylsyjä voidaan säilyttää pidempään ulkovarastossa. Muovihylsy on hieman kartonkihylsyä painavampi, ero ei kuitenkaan ole merkittävä. Valmiit verkkorullat pakataan lavoille, eikä lavan kokonaispainonouse merkittävästi.

Muovihylsyn merkittävä etu pahvihylsyyn nähden on sen kosteuden kesto. Kartonkihylsyn suhteen ongelmia on esiintynyt jonkin verran. Kartonkihylsy kestää pientä sadetta sen Super Core -ominaisuuden ansiosta. Pientä kosteutta kestävä ominaisuus estää kartonkihylsyä paisumasta ja jumittumasta kaukaloon. Erityisesti kartonkihylsyn avoimet

päädyt ovat alltiita keräämään kosteutta itseensä. Esimerkiksi Venäjällä tuotteita säilytetään ulkona ympäri vuoden ja sääolosuhteet voivat olla todella vaihtelevia. Paalausverkkorullat pakataan kuormalavoille säänkestäviin suojapusseihin, jolloin verkkorullia voidaan säilyttää avaamattomina myös ulkotiloissa. Avaamattomat lavat on myös sineaistetty kummastakin päästä, jotta avaamattoman rullan varastointi olisi helpompaa. Paketteja kuitenkin avataan jonkin verran, jolloin kosteutta pääsee pakkauksen sisään. Muovihylsyn huono puoli kartonkihylsyyn nähden on sen UV-säteilynkesto. Piippo Oyj:n paalausverkoissa on hyvä UV-suojaus, joka kestää noin vuoden ajan. Paalausverkkorullia suositellaan säilyttämään sisällä kostealta ja valolta suojassa, mikäli se on mahdollista.

Loppukäyttäjän eli paalaajan kannalta muovihylsy on parempi vaihtoehto. Hylsyn etuja loppukäyttäjän kannalta on muovihylsyn kosteuden kesto. Paalausverkkorulla vaihdetaan paalaimen silloin kun sato on korjattavissa, jolloin ilma saattaa olla kostea ja hylsy saattaa saada kosteutta rullan sisällä. Kostea pahvihylsy menettää muotonsa, eikä enää toimi paalaimessa. Muovihylsy kestää säävaihtelut, mikäli paalausverkkorulla joudutaan jättämään keskelle peltoa sateen armoille. Loppukäyttäjän kannalta hylsyn toimivuus paalaimessa on olennaista, joten muovihylsyyn tehtävä sisäuritus ei saa luistaa koneessa, vaan hylsyn on toimittava moitteetta. Hylsillä on merkittävä rooli sadon korjaamisen kannalta, koska työ tehdään kausiluonteisena ja nopeasti. Kaikkien osien on toimittava hyvin, jotta sato saadaan korjattua ajallaan.

Muovihylsillä on markkinointietu pahvihylsyyn nähden. Kyseessä on uusi niin sanottu premium-luokan tuote. Tuotetta voidaan markkinoida kierrätetystä materiaalista valmistettuna, säänkestävänä ja uudelleen kierrätettävänä, mikä tuo sille lisäarvoa tuotemarkkinoilla.

9 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää ja valmistaa muovihylsy pahvihylsyn tilalle Piippo Oyj:n valmistamaan paalausverkkoon. Opinnäytetyössä valmistettiin muovihylsy, jota Piippo Oyj voi testata paalaajilla seuraavan paalauskauden aikana. Työn tulokset olivat tähän mennessä luotettavia, ja yritys jatkaa tuotteen kehitystä ja testausta. Tuotekehitystä tehdään myös paalauksesta saatujen kokemusten perusteella. Tuotetta testataan ensin pienissä erissä, jotta voidaan varmistua sen toimivuudesta, ennen kuin muovihylsillä varustettua verkkorullaa aletaan markkinoida ympäri maailmaa.

Työn onnistumisen kannalta olennaisinta oli saada muovihylsyyn riittävä lujuus. Hylsyyn valmistettiin uudella reseptillä paras mahdollinen muoviseos. Muovihylsyistä valmistettiin uudella reseptillä kolme testierää pienellä, keskisuurella ja suurella seinämäpaksuudella. Keskisuurella seinämäpaksuudella valmistettu muovihylsy kesti hyvin verkon kuorman ja puristuksen verkonkelauslaitteessa. Kyseistä seinämäpaksuutta voidaan käyttää lopputuotteessa. Pitkäaikaisemmilla testeillä ja verkonkelauslaitteen optimaalisilla asetuksilla voidaan päästä myös alhaisempaan seinämäpaksuuteen, joka vähentää tuotteen painoa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää myös hylsyn uudelleenkierrätystä. Ongelmana hylsyn uudelleen kierrätyksessä on, että hylsy ei aina päädy maataloilta kierrätykseen asti, vaan hylsyjä poltetaan ja haudataan maataloilla. Suomessa maataloilla syntyvälle muovijätteelle on järjestetty useita keräyspalveluita, lisäksi muovihylsy voi palauttaa K-maatalouskauppaan veloituksetta. Kartonkihylsyille ei ole erikseen pahvinkeräilyä, vaan maanviljelijän vastuulla on hoitaa hylsy asianmukaisesti kierrätykseen.

Työn tavoitteena oli hyödyntää Piippo Oyj:n oman tuotannonhylkyä lopputuotteessa eli muovihylsyssä. Piippo Oyj:n uusiomuovi on tällä hetkellä niin hyvälaatuista hylsyn raaka-aineeksi, että yrityksen sisäistä kierrätykseen tai uusiomuovin laatuun ei tarvinnut puuttua. FL-Pipe ottaa Piippo Oyj:n jätettä vastaan valmiiksi granuloituna, jota käytetään hylsyn pääraaka-aineena. Uusiomuovia onnistuttiin lisäämään noin 60 prosenttia lopputuotteen raaka-aineeksi. Mikäli muovihylsy päätyy lopulliseen tuotantoon, voidaan Piippo Oyj:n tuotantojäte käyttää jopa 100-prosenttisesti omiin tuotteisiin.

Opinnäytetyö toteutui ennalta määritettyjen tavoitteiden mukaisesti. Työ onnistui hyvin, ja Piippo Oyj sai työstä lisäinformaatiota tulevaan kehitystyöhönsä ja muovihylsy tuotannon aloittamiseen. Opinnäytetyön tulosten pohjalta nykyinen pahvihylsy voidaan korvata muovihylsyllä paalausverkkorullan rullauspohjana.

Lähteet

Aaltopahvi käyttäjän käsikirja. 2015. Verkkodokumentti. <http://www.aaltopahvi.fi/SiteAssets/tietoja/AP%20K%C3%A4ytt%C3%A4j%C3%A4n%20k%C3%A4sikirja_www_16%2002%2015.pdf>. Luettu 14.11.2016.

Alenius, Mia. 2016. Maatalousmuovien materiaalihyödyntämisen edistäminen. Opinnäytetyö. Lahden Ammattikorkeakoulu.

Eskelinen, H., Haavisto, T., Salmenperä, H. & Dahlbo, H. 2016. Muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet. Verkkodokumentti. <<http://docplayer.fi/19537707-Muovien-kierrätyksen-tilanne-ja-haasteet.html>>. Luettu 2.11.2016.

FL-Pipe. 2016. Verkkosivusto. Oy FL-Pipe Ab. <www.flpipe.fi>. Luettu 30.10.2016.

Hänninen, Kari. 2010. Jätteiden käsittely ja kierrätys Suomessa. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.

Järvelä & Järvelä. 2015. Teknisten muovien kierrätys ja uusiokäyttö. Verkkodokumentti. <<http://www.ym.fi/download/noname/%7BC3B5E587-A8C5-47FA-80EB-A034FBEC99%7D/119332>>. Luettu 30.10.2016.

Järvi-Kääriäinen, Terhen & Ollila, Margareetta. 2007. Toimiva pakkaus. Helsinki: Hakapaino Oy.

Järvinen, Pasi. 2000. Muovin suomalainen käsikirja. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Järvinen, Pasi. 2008. Uusi muovitieto. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Järvinen, Pasi. 2016. Muovien kierrätys ja hyötykäyttö Suomessa. Porvoo: Bookwell Oy.

Karhuketo, H., Seppälä, M., Törn, T. & Viluksela, P. 2004. Paperin ja kartongin jalostus. Opetushallitus.

Kurri, V., Malen, T., Sandell, R. & Virtanen, M. 2008. Muovitekniikan perusteet. Edita Prima Oy.

Kärhä, Vesa. 2015. Muovit: saatavuudessa vaikeuksia, hinnat taivaissa. Verkkodokumentti. <<http://www.plastics.fi/fin/ajankohtaista/?2015-5-Muovit-saatavuudessa-vaikeuksia-hinnat-taivaissa&nid=170>>. Luettu 8.11.2016.

Kärhä, Vesa. 2016. Muovien hinnat hyökkäävät taas ylös. Verkkodokumentti. <<http://www.plastics.fi/fin/ajankohtaista/?2016-1-Muovien-hinnat-hyokkaavat-taas-ylös&nid=219>>. Luettu 8.11.2016.

Laitinen, Kai. 2014. Materiaalioppi, osat 5-7. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Lehtonen, S., Wiik, C., Nurmi, V. & Koivuniemi, M. 2015. Orgaanisia epäpuhtauksia sisältävien teollisten kalvomuovien pesukokeilu ja kierrätysprosessin kehitys. Ekokem Oyj, Riihimäki. Verkkodokumentti. <<http://www.ym.fi/download/no-name/%7BA99F72CE-8EB2-4B11-85C6-F26B49B5C578%7D/117910>>. Luettu 1.11.2016

Ljungberg, Anders. 2016. Tuotantojohtaja, Oy FL-Pipe Ab, Kaustinen. Suullinen tieto ja sähköpostikeskustelut 2016.

Muovilaadut. Verkkodokumentti. Helsinki. <<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/muovit/muovilaadut.htm>>. Luettu 9.11.2016.

Maatalouden kiristekalvojen muovihylsyt kiertoon. 2005. Verkkosivusto. Kesko Oyj. <http://www.kesko.fi/static/ykv_2005/case/6.html>. Luettu 1.11.2016

Muovi kiertää. 2016. Verkkosivusto. Suomen Uusiomuovi Oy. <http://www.uusiomuovi.fi/fin/muovi_kiertaa/muovien_kierratys/>. Luettu 30.10.2016.

Paalaustuotteet. 2016. Paalaustuotteet esite. Piippo Oyj.

Piippo. 2016. Verkkosivusto. Piippo Oyj. <www.piippo.fi>. Luettu 30.10.2016.

Polyeteeni. 2016. Verkkodokumentti. Valu Atlas. <http://www.valuatlas.fi/tiedotmat/docs/plastics_PE_FI.pdf>. Luettu 24.10.2016.

Polypropeeni. 2016. Verkkodokumentti. Valu Atlas. <http://www.valuatlas.fi/tiedotmat/docs/plastics_PP_FI.pdf>. Luettu 24.10.2016.

SFS-EN ISO 9969. Termoelastiset putket. 2015. Rengasjäykkyyden määrittäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Tiainen, Tanja. 2013. Pyöröpaalauksen koneketjut ja kustannukset. Opinnäytetyö. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu.

Virtuaaliyliopisto, muoviteknologia. 2016. Verkkoluento. Taideteollinen Korkeakoulu. <<http://taik.fi/virtu/materiaalit/muoviteknologia>>. Luettu 26.10.2016.

Ylimys, Nikolai. 2016. Tuotantoinisinööri, Piippo Oyj, Outokumpu. Suullinen tieto ja sähköpostikeskustelut 2016.