

Raskaspvc-kankaiden pilkkominen ja erottelu

Medi Seam Oy

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Prosessi- ja materiaalitekniikka
Polymeeri- ja kuitutekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Timo Roininen

Lahden ammattikorkeakoulu
Prosessi- ja materiaalitekniikka

Roininen Timo:

Raskaspvc-kankaiden pilkkominen ja
erottelu
Medi Seam Oy

Polymeeri- ja kuitutekniikan opinnäytetyö, 23 sivua, 4 liitesivua

Kevät 2018

TIIVISTELMÄ

Nykyisin maassamme ei ole laitoksia, jotka esikäsittelisivät peitekankaita edelleen lähetettäviksi laitoksiin, joissa on kemiallinen tai mekaaninen PVC:n ja runkomateriaalin erottelu.

Raskaspvc-kankaiden kierrätystä ei Suomessa ole vielä aloitettu tehokkaasti, vaan käytetty materiaali päätyy edelleen kaatopaikoille. Raskaspvc-kankaiden käyttö on yleistä kuljetusvälineissä, sekä erilaisissa ulkotiloissa käytettävissä säänkestävissä peitteissä, banderolleissa ja katemateriaalissa. Oman haasteensa muodostavat rakenteellinen kestävyys matriisina olevien kankaiden rakenteen ja materiaalien johdosta. Pinnoitteena käytetty PVC on pehmitettyä ja vähintään toiselta puolelta lakattua lian irtisaamiseksi ja ulkonäöllisistä syistä. Kierrätyksen järjestämistä vaikeuttavat etäällä toisistaan olevat alan toimijat, sekä näiltä syntyvät pienehköt jätemäärät.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Nastolassa toimiva Medi Seam Oy. He käyttävät tuotteidensa valmistukseen pvc-pinnoitettuja kankaita. Yritys valmistaa ja huoltaa käytössä olevia tuotteita ja tuo maahan, jälleenmyyjä sekä varastoi tuotannossa käytettäviä kankaita. Ympäristövastuullinen liiketoiminta on heille tärkeää, ja he haluavat luoda liiketoimintaa myös kierrätykseen liittyen, jotta kankaissa käytettävät materiaalit eivät joutuisi polttoon tai kaatopaikoille, vaan voitaisiin käyttää edelleen prosesseissa.

Asiasanat: PVC, pehmytpvc-kangas, kiertotalous, kierrätys, materiaalitehokkuus

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Process and Material Technology

Roininen, Timo :

Cutting and separation of Soft PVC-
materials

Bachelor's Thesis in polymer and fiber technology

23 pages, 4 pages of appendices

Spring 2018

ABSTRACT

In Finland does not exist proper collecting and separation system for soft PVC-sheet materials. Sending side streams of tarpaulin production to landfill will not be an option in near future due to increased pressure from legislation in waste management.

PVC-materials are durable and recycleable. At the moment there has not been attempts in Finland to collect, grind and separate those materials. In Europe there is one facility in Italy by the company Serge Ferrari, that can chemically and mechanically separate substitutes away from tarpaulin material.

Medi Seam Oy from Nastola is interested in making sustainable production and is interested in collecting sidestreams from PVC-tarpaulinmaterials users and even the only company Scantarp, that produces materials in Kuopio. The whole industry segment is in need of proper side stream management.

In this thesis solutions and proposals for managing the problem are searched with couple products that could be made from previous waste.

Key words: PVC, tarpaulin, circular economy, material efficiency

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	POLYVINYYLIKLOORIDI (PVC) JA PEHMYT PVC- KANKAAT	3
2.1	PVC:n historia ja kehittyminen	3
2.2	PVC:n kierrätys Euroopassa ja Suomessa	8
2.3	Texyloop	9
2.4	Muovien poltto	11
3	MATERIAALIHÄVIKIN VÄHENTÄMINEN	13
3.1	Vaikutusmahdollisuudet	13
3.2	Suunnittelu	13
3.3	Leikkaus	14
3.4	Valmistus	14
3.5	Pakkaaminen ja lähetys	15
4	MATERIAALIEN PILKKOMINEN JA LAJITTELU	16
4.1	Koneturvallisuus ja laitteiden käyttö	16
4.2	Kankaan pilkkominen ja jakeiden erottelu	17
4.3	Ekstruusio ja materiaalien työstö	18
5	YHTEENVETO	21
	LÄHTEET	22
	LIITTEET	24

1 JOHDANTO

Maailmassa on herätty teollisen hyvinvoinnin aiheuttamiin lieve ilmiöihin, lähinnä televisiossa nähtyjen valtavien jätemäärien lisääntymisen johdosta. Kasvava väestömäärä maailmalla tuottaa luonnollisesti enemmän myös jätettä. Jätteen käsittelyä määrää Suomen osalta Euroopan unionin jätedirektiivi.

Kilpailukyky, ympäristökysymykset ja materiaalihallinta ovat aikaansaaneet uuden ilmiön, joka on nimetty kiertotaloudeksi. Kiertotalousmallilla tarkoitetaan useamman samalla allalla tai alueella toimivan yhteisön ja yrityksen symbioottista toimintaa, jolla pyritään parantamaan kaikkien toimintamahdollisuuksia huomioon ottaen ympäristökysymykset.

Työn toimeksiantajana on Mediseam Oy, joka toimii Lahden kaupungin Nastolassa. Yritys valmistaa omia tuotteita, eli pääasiallisesti tyhjiötuotteita potilaan käsittelyyn ja laajan valikoiman muita tuotteita, kuten peitteitä, telttoja, banderolleja, välisermejä, ääni- ja pakkasverhoja, sekä suorittaa kuvatulostus-, saumaus- ja ompelutöitä asiakkaiden tilausten mukaan alihankintana pääasiassa em. pehyt PVC-kankaille. Yrityksessä tehdään myös näihin liittyviä metallitöitä, kuten siirrettävien hitsausvälisermien haitarirakenteita, liukupyörästätkaisuja, sekä äänieristys- ja lämpöverhoseinien tukirakenneratkaisuja peitteiden kiinnitykseen. Medi-Seam Oy tahtoo olla mukana parantamassa materiaalikiertoa palauttaakseen arvokasta raaka-ainetta mahdollisesti kankaantuotantoon, sekä jalostaa tuotannon sivuvirroista käyttöyhteystuotteita. (Mediseam 2018.)

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan Medi Seam Oy:n sidosryhmiä, sekä toimintaympäristöä pyrkien esittämään mallin, jolla voidaan kerätä, lajitella ja pilkkoa neitseellistä sivuvirtamateriaalia alalla toimivilta yrityksiltä, ja tehdä niistä joko Nastolassa uusia tuotteita tai käsitellä ne lähetettäväksi Italiaan jatkokäsittelyyn. Tätä selvittääkseni lähetin 30 yritykselle kyselyn, jolla kartoitin keräysjärjestelmään osallistumisen halukkuutta, työn

kokeellisessa osiossa testasin kankaan pilkkomista, sekä soveltuvuutta ekstruusioon.

Tampereen Teknillisen Korkeakoulun DI-ohjelmasta valmistuneen Maria Poropudaksen 2011, Polyvinyylidikloridin (PVC) kierrätys ja uusiokäyttö tutkimus on tähän mennessä laajin ja perusteellisin pvc:n kierrätystä ja uusiokäyttöä käsittelevä tutkimus. Tässä työssään Poropudas tutki materiaalien kestävyyttä ja mahdollisia muutoksia kierrätys- ja uusioprosesseissa.

Joiltakin osin opinnäytetyö käsittelee yrityksen liiketoimintaa, joten sen julkisuutta joudutaan rajoittamaan.

2 POLYVINYYLIKLOORIDI (PVC) JA PEHMYT PVC- KANKAAT

2.1 PVC:n historia ja kehittyminen

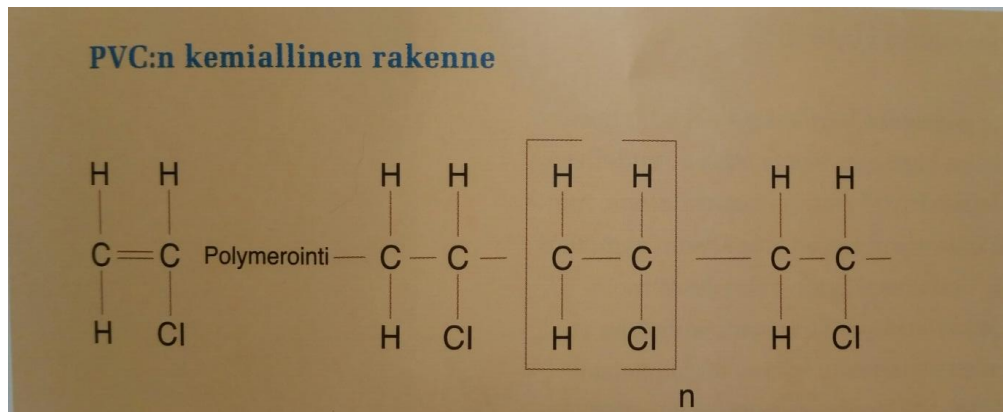
VC:n eli vinylikloridin ovat keksineet 1800-luvulla ranskalainen kemisti Henri Victor Regnault 1838 ja hieman myöhemmin 1872 saksalainen Eugen Baumann. Heidän kokeiluillaan ei ollut kuitenkaan kaupallista käyttöä, koska materiaalia oli vaikea käsitellä. Vuonna 1913 saksalainen keksijä F.H.A. Klatte sai patentin PVC:stä, jossa PVC-polymeroitui auringon valossa. Tämän jälkeen PVC sai läpimurron, kun amerikkalainen rengasvalmistaja Bf Goodrich palkkasi teollisentutkijan Waldo Semonin kehittämään synteettistä materiaalia auton renkasiin kalliin luonnonkumin tilalle. PVC tuli sittemmin toisessa maailmansodassa käytetyksi sähköjohtojen pinnoittamiseen sotilasaluksissa. (The history of PVC 2018.)

Valon-, korroosion ja kemikaalien kestävyys ansiosta sitä alettiin käyttää rakentamisessa muun muassa putkistoissa. Tällä hetkellä se on kolmanneksi yleisin muovi polyeteenin ja polypropeenin jälkeen. Edullisena ja hyvän kestävyytensä, sekä helpon työstettävyyden ansiosta, se on noussut erittäin suosituksi materiaaliksi mm. terveydenhoidon, tietotekniikan, kuljetuksen, tekstiilien ja rakentamisen alalla. (The history of PVC 2018.)

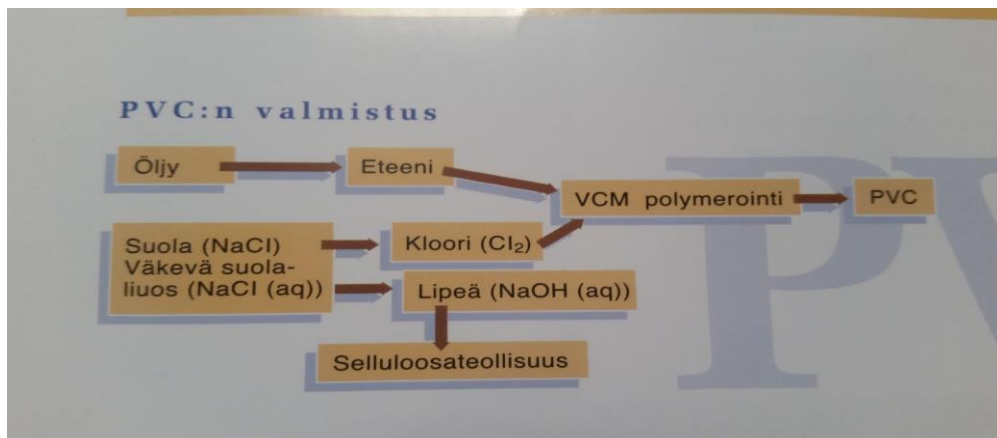
1980-luvulta lähtien muut polymeerit ovat syrjäyttäneet PVC:n asemaa eniten käytettynä valtamuovina. Materiaalia valmistetaan ruiskuvaluun, suulakepuristukseen sekä kalanterointiin, joista viimeinen on se menetelmä, jota käytetään pehmytpvc-kankaiden pinnoittamiseen. Tätä varten tehdään pehmitin-polymeeriseoksia, joista tehdään tahnoja. (Järvelä 1994)

PVC:n valmistuksessa käytetään kolmea menetelmää, jotka ovat emulsio-, massa- ja suspensiopolymerointi. Polymerointi, eli merien yhdistäminen pitemmiksi ketjuiksi polymeereiksi tapahtuu saattamalla yksittäiset yhdisteet liittymään kemiallisesti toisiinsa. (Kuva 1.) PVC:n raaka-aineena

käytetään suolaa (NaCl) ja väkevää suolaliuosta (NaCl(ag)) eli veden ja suolan seosta. (Kuva 2.)



Kuva 1, Pvc:n kemiallinen rakenne polymerisaatiossa. (Suomen Muoviteollisuusliitto 1999).



Kuva 2. PVC:n valmistus (Suomen Muoviteollisuusliitto 1999).

PVC on perusmuodoltaan väritön (sameahko tai kirkas), jäykkä, lievästi kiteinen ja luja muovi, jonka lisäaineistamisen tarve johtuu huonosta lämmönkestosta, koska työstölämpötilan noustessa lähelle 100°C PVC alkaa luovuttaa kloorivetyhappoa (HCl) ja yli 130 asteessa alkaa muodostuneen HCl:n johdosta muuttua itsekatalysoivaksi reaktiota kiihdyttävän vaikutuksen johdosta. (Järvelä 1994.)

PVC on käytännöllinen materiaali, jonka hyvinä puolina voidaan mainita sen:

- muokkautuvuus erilaisiin käyttötarkoituksiin pehmitinlisäyksillä
- hyvä kemiallinen kestävyys
- kovalla PVC:llä on hyvä dimensiostabiliteetti
- solustettavissa
- edullinen hinta
- pehmentimiä käyttämällä voidaan laajetaa materiaalien käyttölämpötiloja. (Järvelä 1994.)

Kaikilla materiaaleilla on niiden hyvien ominaisuuksien lisäksi myös ominaisuuksia, joita voidaan pitää materiaalin valinnan kannalta kriittisinä. PVC:n heikkoina ominaisuuksina voidaan pitää:

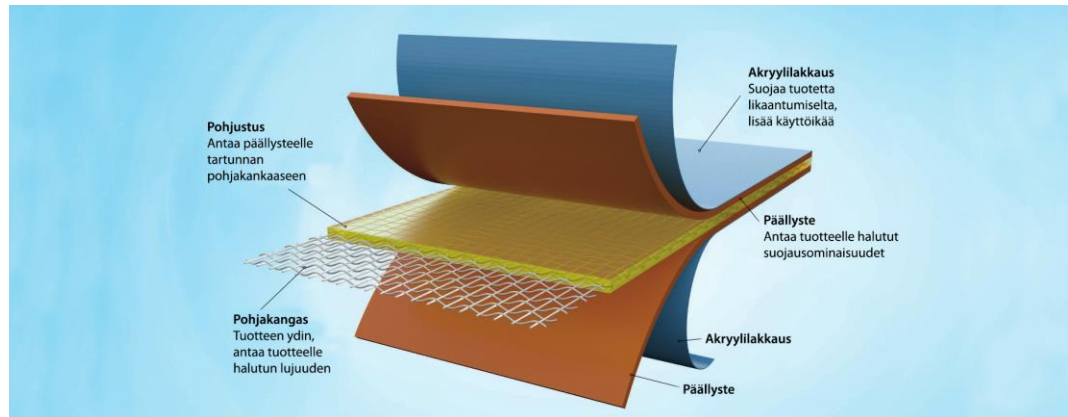
- matala ylin käyttölämpötila
- terminen hajoaminen HCL (syövyttävä kloorivetyhappo)
- haurastuminen alhaisissa lämpötiloissa
- liukeneminen ketoneihin
- suuri tiheys muihin kestumuuveihin verrattuna. (Järvelä 1994.)

Lisäaineistuksella pyritään parantamaan PVC:n ominaisuuksia komapoudoinnilla, eli (hartsii+lisäaineet). Koska polymeeriin voidaan lisätä eri määriä lisäaineita, esimerkiksi täyteaineita, voiteluaineita, pehmentimiä, palonestoaineita, pigmenttejä ja stabilaattoreita, sen kostumus vaihtelee suuresti käyttötarkoituksen mukaan. Näin PVC:n käyttö ja valmistus eroaa muista polymeereistä selvästi pehmittimien ja stabilaattoreiden osalta. Stabilaattoreiden merkitys on parantaa lämmön ja auringonvalon kestoa. (Euroopan yhteisön komissiot, 2000)

PVC-kankaan valmistuksessa käytetään kalanterointimenetelmää, jolla pystytään muodostamaan ilma- ja kaasutiiviitä kankaita, joilla on hyvät mekaaniset-, kemialliset-, ja uv-valoa kestävät ominaisuudet. Kuvassa 3 näkyy Scantarp Oy:n valmistaman teknisen kankaan rakenne.

Pohjakangas voidaan kutoa esimerkiksi luonnonkuiduista, lasikuidusta, aramidikuidusta, polyesteristä ja polyeteenistä. Kalanteroinnissa telojen välistä vedetään pohjustettu pohjakangas telastojen välistä, ekstruusiolla levitetään pasta kankaan pintaan ruiskuttamalla ja sivelemällä jonka jälkeen se tasataan telastojen avulla kankaan pintaan muodostaen tiiviin

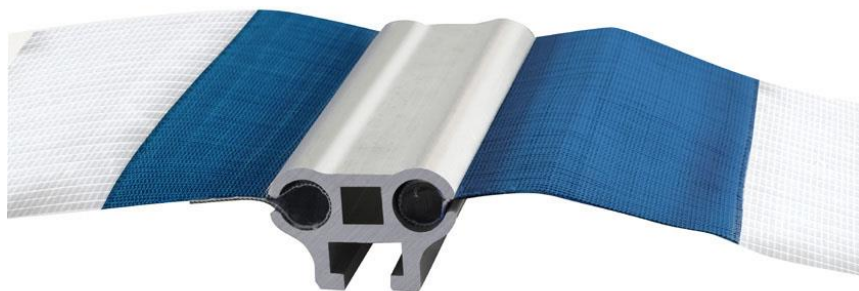
kalvon. Tämä kalvo voidaan vielä lakata, jotta pinta voidaan suojata lialta ja lakkakerros antaa kankaalle siistin ulkonäön ollen helposti pestävissä. (Scantarp 2018)



Kuva 3. Teknisen kankaan monikerrosrakenne. (Scantarp 2018).

Monikerrosrakenteen, sekä käytettyjen materiaalien kirjosta johtuen, on haasteellista tunnistaa kaikkia kankaanpaloja erikseen.

Valmistusmenetelmästä, materiaalien yhteensopivuudesta, sekä niiden mahdollisuudesta sitoutua toisiinsa kemiallisesti, voidaan suunnitella tehtäväksi massaa, joka täyttää riittävät ominaisuudet esimerkiksi kankaan reunaan asetettavan nauhan (Keder) valmistukseen. Kuvassa 4 näkyy kyseistä nauhaa liitettynä Kederflex-tankoon. Keder-nauha liitetään joko hitsaamalla tai ompelemalla suojapeitteen reunaan ja näin saadaan tiivis ja tuulikuormaa kestävä rakenne valmistettua.



Kuva 4. Kederflex kiinnityskisko, jonka sisällä näkyy Keder-nauha. (Icopal 2018).

Kankaiden päällysteenä käytetään PVC-, PU-, ja PVC/Pu-pinnoitteita. Kankaita voidaan pinnoittaa valmistajan mukaan myös muilla termoplastisilla pinnoitteilla. Ftalaattivapaita tuotteita on myös saatavilla. (Scantarp 2018.)

Kankaita valmistetaan useisiin erilaisiin käyttötarkoituksiin, kuten hallikankaat, venekankaat (kuten kuvassa 5), ovikankaat, peitekankaat, verkot ja verhot, kemikaaleja kestävät kankaat, sekä telttakankaat. (Scantarp 2018). Näistä useampia kankaita käytetään myös Medi Seam Oy:n tuotteissa. Taulukossa 1 on esitetty erilaisten materiaalien käyttöikä ja siitä näkyy, että pehmyt PVC-kankaiden käyttöikä on keskipitkä, eli noin 2-10 vuotta. (Euroopan yhteisöjen komissio 2000; Poropudas 2011).

Taulukko1, Keskipitkässä käyttöiässä on mainittuina suojakuomut, pinnoitetut tekstiilit ja PVC-hallit (Euroopan yhteisöjen komissio 2000; Poropudas 2007).

Lyhyt	Keskipitkä	Pitkä	Hyvin pitkä
< 2 vuotta	2 - 10 vuotta	10 - 20 vuotta	> 20 vuotta
Erilaiset kalvot	Erilaiset vesiletkut	Auton lattiamatot	Kaapelinkuoret
Hygienia-pakkaukset	Eristeet	Auton aurinkolipat	Kolmikerrospuutket
Muovitaskut	Lasten uima-altaat	Auton verhoilu	Lattiamatot
Kansiot	Lattialaatat	Erilaiset letkut	
Lelut	Lattiamatot	Huonekalutekstiilit	
Kengänpohjat	Liikennetolpat	Kaapelinkuoret	
Sadevaatteet	Paineilmaletkut	Lattialaatat	
Suojakäsineet	Pelastusliivit	Lattiamatot	
Veripussit	Pinnoitetut tekstiilit		
Verensiirtoletkut	PVC-hallit		
Telinesuojat	Suojakuomut		
	Tapetit		
	Teltat		

Suomessa PVC-kankaita valmistavan Kuopiolaisen Scantarp OY:n tuotantannon sivuvirroista suurin osa on leikkuujätettä, jota syntyy kangasta kalanterointimenetelmällä PVC:llä pinnoitettaessa ja reunat leikataan suoriksi. Tehdas kierrättää omassa tuotannossaan niin paljon materiaalia kuin pystyy (vuositasolla kangaspaloina 20 000 kg), mutta osa tuotannon sivuvirrasta myydään ulkopuolisille tahoille (n.2000 kg/vuosi), kuten esimerkiksi maanomistajille hirvien liikkumisen estämiseksi

taimikoissa, sekä urheiluseuroille aitanauhaksi. Vuosittain heiltä menee kiertoon siis 22 tn kankaanpaloja ja noin 200 tn menee poikkeusluvalla kaatopaikalle. Tehtaalla on tehty yhteistyötä Kuopion muotoiluakatemian kanssa hyötykäytön lisäämiseksi. Suomessa arvioidaan syntyvän vuonna 2000 noin 30000 tn PVC-jätettä. (Scantarp Oy ympäristölupa 2005) (Järvinen 2008).



Kuva 5. Venäläisvalmisteinen PVC-kankaasta valmistettu kumivene.

2.2 PVC:n kierrätys Euroopassa ja Suomessa

PVC:n kierrätys on 1997 ehdotettu Euroopan Unionin komission suunnitelmaksi Euroopan Unionin Pvc politiikaksi. Heinäkuussa 2000 Vihreä paperi Pvc:stä tuli voimaan tutkimusten jälkeen. Eri toimialalla olevat yhteisöt ECVM, EuPc, ECPI ja ECPA, allekirjoittivat ”Vapaaehtoisen PVC teollisuuden sitoumuksen” maaliskuussa 2000, sitä laajennettiin ja täydennettiin lokakuussa 2001, ja se nimettiin ”Vinyyli 2010- Vapaaehtoinen PVC-teollisuuden sitoutuminen” tarkoituksenaan luoda kestävä kehitys koko materiaalin elinkaaren ajalle, etenkin kierrätyksen osalta. VinylPlus järjestelmä alkoi 2011. (PVC recycling in Europe 2018)

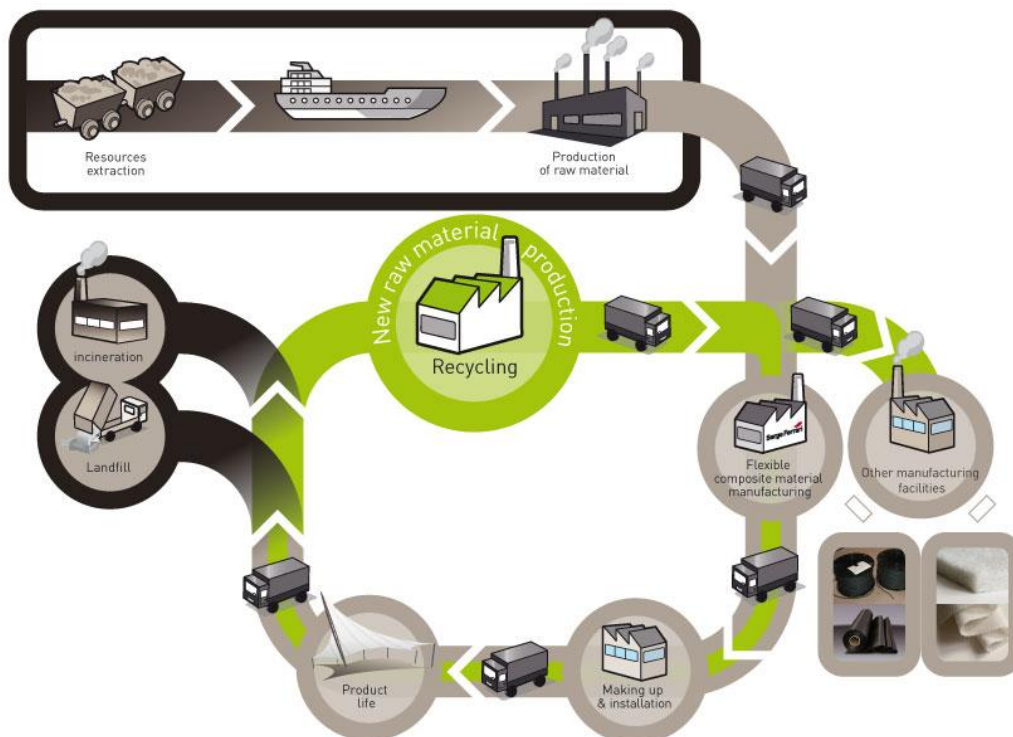
Tavoitteena on luoda järjestelmä, joka sisältää seuraavaa:

1. materiaalin vähentäminen ja tuotteiden keventäminen, sekä tuotannossa jätteen määrän minimoiminen
2. joidenkin tuotteiden elinkaaren pidentäminen
3. uusien tuotteiden valmistaminen kierrätetyistä tuotteista
4. energian talteenotto (korkean energiapitoisuuden siirtäminen valaistukseen, lämpöön ja energiantuotantoon)
5. maantäyttö/kaatopaikat-ei uudelleen kierrätettäville tuotteille.
(PVC recycling in Europe 2018)

Lakia siis ei näytä olevan, vaan vapaaehtoinen sopimus. PVC:n kierrättäminen energiaksi ja polttamiseksi on siitä vapautuvan kloorin vuoksi vaikeaa. Suomessa ei tällä hetkellä ole vielä toimivaa kierrätys/keräysjärjestelmää yljäävälle materiaalille. (PVC recycling in Europe 2018.)

2.3 Taxyloop

Serge Ferrari on perustanut tehtaansa yhteyteen Taxyloop-laitoksen, joka kykenee kemiallisesti erottelmaan joustavista komposiittikankaista kuidut, PVC:n ja muut ainesosat erikseen, ja näin palauttamaan materiaalin takaisin tuotantoon. Tehtaan järjestelmä kykenee käsittelemään 4 miljoonaa kuutiota kangasmateriaalia vuodessa ja se on järjestänyt Eurooppaa, sekä koko maailmaakin koskevan keräysjärjestelmän. Vuoden 2004 jälkeen on kierrätetty jo 6,5 miljoonaa kuutiota materiaalia. (Ferrari 2018.)



Kuva 6. Texyloop-järjestelmä (Ferrari, 2018)

Käyttöään saavuttua päämääräänsä tuotteita ei enää tarvitse poistaa käytöstä toimittamalla niitä joko erikoispolttolaitoksiin tai kaatopaikoille hyödyttömäksi maantäytöksi. Kuvassa 6 nähdään järjestelmä, jossa kerätyt materiaalit lajitellaan ja revitään, sekä toimitetaan Italiaan kuljetuksen optimoimiseksi 70 m³:n kontteihin. Kun kontit saapuvat tehtaalle ne kaadetaan syöttösuppiloihin jonka jälkeen ne johdetaan kierrätysprosessiin, jossa kuidut erotellaan muusta materiaalista kuvan 7 mukaisesti. Järjestelmä pystyy saostamaan PVC:n liuoksesta. Liuos uudistetaan ruiskuttamalla se kierrätysjärjestelmään. (Ferrari, 2018)



Kuva 7, kierrätysjärjestelmä Texyloop, 1, materiaalien esilajittelu, 2 Reaktorissa tapahtuva liuotus ja 3 kuitujen erottelu, 4 PVC:n saostaminen ja 5 Liuoksen elvyttäminen. (Ferrari 2018).

Texyloop-järjestelmä on siis yhdenmukainen Euroopan unionin suunnitelman mukaan. Osallistuminen tähän järjestelmään on mahdollista, mikäli saadaan aikaiseksi Suomessa toimiva keräysjärjestelmä.

2.4 Muovien poltto

Viimeisenä vaihtoehtona on muovijätteen poltto, mutta se on PVC:n kannalta ongelmallista, koska PVC-kangas ei pala helposti ja kloori vapautuessaan vaatii vesisuodatuksen ja erikoisvalmisteiset kattilat. PVC:n paloarvokaan ei ole erityinen, joka selviää oheisesta taulukosta 1. Muilla polymeereillä on huomattavasti parempi paloarvo.

Taulukko 1. Muovien lämpöarvot. (Snyder 1998; Manrich, Santos, Amèlia, 2009.)

MATERIAALI	LÄMPÖARV O (kcal/kg)	MATERIAALI	LÄMPÖARV O (kcal/kg)
Polyeteeni	18.720	Sanomalehtipaperi	6.970
Polypropeeni	18.434	Mänty*	9.100
Polystyreeni	16.082	Kasviöljyt	14.770
Rengassilppu	13.000- 14000*	Kivihilli*	11.000- 14.000
Polyvinyylikloridi	7.516	Polttoöljy	18.000- 19.000
Polyuretaani vaahto	11.362	Ruokajäte	4.200
Nylon	10.138	Tekstiilit	5.900
Fenoliformaldehy di	13.197	Aaltopahvipakkauks et	6.153

Materiaalin poltto on viimeinen ratkaisu, johon on turvauduttava, sillä PVC on erittäin hyvin sulava ja uudelleen käsiteltävissä. Pehmytpvc-kankaiden käytön laajuudesta johtuen niiden jatkokäytössä niihin on lisätty köysiä, vaijereita, purjerenkaita (rautametallit, alumiini ja messinki ja muovi) sekä maaleja ja lakkoja, jotka kaikki on otettava huomioon kierrätystä suunniteltaessa.

3 MATERIAALIHÄVIKIN VÄHENTÄMINEN

3.1 Vaikutusmahdollisuudet

Tuotteiden ja kankaan valmistuksessa on mahdollisuuksia vähentää materiaalihävikkiä. Valmistavien yritysten tuotteet vaihtelevat sekä kooltaan, että muodoltaan, näiden koko voi vaihdella neliösenttimetreistä satoihin, jopa tuhansiin neliömetreihin. Pienimmät kappaleet leikataan usein erilaisilla stanssityökaluilla ja liitetään toisiinsa liimaamalla, ompelemalla tai hitsaamalla suurjakso- ja ultraäänihitsauslaitteilla. Suuremmat kankaat liitetään toisiinsa joko kuumailmahitsauksella tai suurjaksolithauskoneella. Valtaosa tuotteista valmistetaan ja tehdään loppuun asti valmistavan yrityksen toimitiloissa, jolloin on helpointa käsitellä materiaaleja huolellisesti ja siirtää jättepalat niille varattuihin keräyspisteisiin. Kankaiden kiinnittämiseen niihin tehdään lävistimillä eli ns. nahkapaskoilla reikiä purjerenkaita ja erilaisia muita kiinnittimiä varten. Hävikin vähentämiseksi voi tehdä erilaisia toimenpiteitä, joista olen koonnut muutamia kokemuksen perusteella.

3.2 Suunnittelu

Kun uusi tuote suunnitellaan tai valmistetaan asiakkaalle tuotetta, joudutaan tekemään piirustus ja kaava, sekä leikkaussuunnitelma. Kaavoja on käsintehdyistä malleista tietokoneella suunniteltuihin. PVC-pehmytkankaita käyttävillä yrityksillä on käytössä paljon erilaisia omia malleja. Kankaiden leikkuusuunta, lakkaukset (kirkas/matta), sekä väri vaativat tarkkuutta ja työmääräimen, sekä työohjeen osalta tarkkuutta. Myös mahdolliset painatukset täytyy suunnitella, onko ne tulostettava ennen leikkausta kankaalle, vai maalataanko ne valmiiseen tuotteeseen käsin. Kankaiden osalta oikeat rullaleveydet ja pituudet ovat luonnollisesti otettava huomioon. Suunnitteluvaiheessa on hyvä ottaa huomioon tulevan kappaleen pakkaustapa, sekä mahdollinen paino. Työmääräin seuraa tuote-erää koko tuotannon läpi. Oikeiden määrien teettäminen vähentää

kangashävikkiä. Riittävien leikkaus- ja liittämismateriaalien jättäminen parantaa tuotteen valmistettavuutta.

3.3 Leikkaus

Kankaan leikkaus tapahtuu leikkureilla, stansseilla, saksilla ja veitsillä. Leikkauksessa suunnitelmien ja kaavojen mukaiset kappaleet leikataan oikeaan kokoon ja leikkausvaiheessa tarkistetaan silmämääräisesti leikattavan kankaan laatu ja mahdolliset viat. Leikkausvaiheessa saattaa jäädä hieman hukkapaloja ja niistä voidaan valmistaa suoraan kyseisiin tuotteisiin liitettäviä kulma- ja reunavahvikkeita. Kankaan leikkauksessa on tarkistettava kaavojen oikea asettaminen ja kankaiden orientaatio, mikäli sillä on kankaasta riippuen merkitystä.

3.4 Valmistus

Valmistusvaiheessa voi tapahtua monenlaisia vaurioita, jotka voivat johtua inhimillisistä tai teknisistä tekijöistä. Kankaiden asemointi liittämismateriaalissa, oikea järjestys, kohdistus, paikallaan pysyminen ja oikeat ajoarvot, sekä työkalujen puhtaus. Kuumasaumaus vaatii koeliitosten tekemistä ennen tuotantokappaleiden tekemistä kyseisen kangaserän mukaisesta materiaalista oikeiden säätöjen saamiseksi. Kappaleiden käsittely ja siirto on hyvä suunnitella niin, että siirto tapahtuu mahdollisimman vähän ja kaikki tarvittavat kappaleet liikkuvat tuotteiden koko prosessin mukana. Tarvittavat työkalut seuraavat kyseistä vakiotuotetta. Näin varmistetaan oikeiden kiinnitystarvikkeiden, sekä oikean kokoisten lävistysten tekeminen. Liimaus ja reijitysmerkinnät on helppoa tehdä riittävien työohjeiden perusteella. Samoin limitysten leveydet. Pehmeät PVC-kankaiden kyseessä ollessa mahdolliset paikat eivät aina ole mahdollisia, mutta mikäli niistä ei ole haittaa ulkonäöllisesti, voi kankaassa olevat pienehköt vauriot helposti korjata.

3.5 Pakkaaminen ja lähetys

Materiaalin tärinäntyminen erilaisten siirtojen ja pakkauksen aikana on mahdollista naarmuuntumalla ja likaantumalla. Puhdas käsittely ja siirtäminen asianmukaisilla välineillä vähentää hävikkiä tässäkin vaiheessa. Pöly tarttuu helposti sähköistyviin materiaaleihin. Olisikin suositeltavaa pakata tehdyt tuotteet jo puhtaassa tilassa valmiiksi varastointia ja lähettämistä ajatellen. Kuormalavoille pakattaessa on syytä käyttää välipahvia ja iskeä pinnasta koholla olevat naulat kiinni. Lähetyksissä on hyvä ottaa huomioon kuljetusväline ja pakkaus sen mukaan. Mahdollinen pakkauksen päälle laitettava mattoveitsen käyttökielto pakkausta avattaessa vähentää purkuvaiheen vaurioita.

4 MATERIAALIEN PILKKOMINEN JA LAJITTELU

4.1 Koneturvallisuus ja laitteiden käyttö

Huomioon otettavana seikkana on aina otettava huomioon koneiden ja laitteiden käyttöturvallisuus. Laitteiden valmistusta säätelee koneturvallisuudirektiivi, sekä sitä täsmentävät eurooppalaiset EN-standardit, jotka nimetään ja saatetaan Suomessa voimaan tunnuksella SFS-EN. Konedirektiivin alaisena ovat lähes kaikki Suomessa valmistetut ja täällä myynnissä olevat laitteet. Koneturvallisuuden tarkoituksena on suojata koneiden ja laitteiden käyttäjiä tapaturmilta ja pidempiaikaisilta haitoilta. (Siirilä, 2008)

Koska laitteiden ja koneiden turvallista käyttöä ja suunnittelua koskee ankara rikosoikeudellinenkin vastuu, on otettava huomioon käytettävien menetelmien turvallisuuteen ja käytettävien laitteiden henkilökunnan koulutukseen liittyvät seikat. Koneiden ja laitteiden suunnittelua ja valmistusta koskevat ns. konelaki, eli viralliselta nimeltään laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta. Lain laajuus ottaa myös henkilösuojaimet huomioon. Koneiden suunnittelua ja valmistusta ohjaavat: konelaki on 1016/2004, tätä täydentävä koneasetus 400/2008, koneiden käyttöä ja hankkimista ohjaavat: työturvallisuuslaki 738/2002 ja käyttöasetus 403/2008. Nämä kaikki on yhdenmukaistettu SFS-EN standardeissa. Työturvallisuuslaki on asetettu voimaan 1.1.2003 ja sitä on täydennetty useamman kerran uusilla säännöksillä. Ajantasainen laki löytyy osoitteesta: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738> Finlex-sivustolta löytyy myös aina päivitetty versio: valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. (Siirilä, 2008)

Valittaessa sopivaa lajittelua ja pilkkomisjärjestelmää on otettava huomioon turvallisuusmielessä koneen käyttö laajassa kokonaisuudessaan, johon kuuluu vähintään

- asetusten teko, prosessin muuttaminen tai ohjelmointi
- varsinainen käyttö (tuotantokäyttö)
- puhdistus

- vianetsintä
- huolto
- koneen valmistus
- kuljetus ja käyttöönotto
- käytöstä poisto, purkaminen, sekä hävittäminen (Siirilä 2008)

Kokonaisuutta ja turvallista käyttöä varten on oltava saatavilla riittävät käyttöohjeet ja turvalaitteet. (Siirilä 2008.)

Pehmyt PVC-kankaiden pilkkomisessa käytettävä laitteisto sisältää pyöriviä- ja liikkuvia teriä, kuljettimia, käyttöjä, sekä materiaalin hallintaan liittyviä altaita ja muita laitteistoja, sekä välineistöä. Melu, pöly ja materiaalien siirto on myös hyvä ottaa huomioon.

4.2 Kankaan pilkkominen ja jakeiden erottelu

Kankaanpalojen pilkkomiseen soveltuu hyvin giljotiinimallinen leikkuri, joka leikkaa useamman kangaskerroksen samalla kertaa helpommin syötettäväksi hakkuriin. Ennen hakkuria on syytä leikata kangasta siten, että se ei pääse kietoutumaan pyörivän hakkuriterän tai sen akselin ympärille. Hakkurijärjestelmä voidaan suunnitella automaattiseksi siten, että saantoa ohjataan lajittimeen, joka seuloa siitä ylitteen, joka palautetaan leikkuriin takaisin. Kun alite saapuu hakkurille, niin se seuloontuu siellä penemmäksi lajikkeeksi, hakkureita voi olla kaksi, eli karkea ja hieno hakkuri. Hienomman hakkurin jälkeen saatu rouhe voidaan ohjata esimerkiksi konttiin, josta kangasrouhe voidaan lähettää eteenpäin tai se voidaan edelleen lajitella. Lopullisen karkeuden määrittelee rouheen loppukäyttö. Hakkureina toimii tälle materiaalille veitsi- ja vasaramylly, joista ensimmäinen karkeaan paloitteluun ja vasaramylly hienontamiseen.

Lajittelussa voidaan käyttää hydraulista erottelua vesialtaissa, joissa on eri määrä suolaliuosta. Mikäli kankaat on tehty polyolefiinipohjaisella pinnoitteella, on niiden ominaispaino erilainen kuin raskaammaalla PVC:llä pinnoitetuilla. Kevyempi materiaali jää aina kellutuksessa pinnalle ja voidaan näin saada talteen. Samalla voidaan seuloa magneeteilla

rautametallit vielä pois massasta. Jos käytännössä havaitaan vielä alumiini-, rst- tai messinkiosia, voidaan altailla nämäkin erotella. Stokesin lain mukaan.

” Samanmuotoisista ja samaa ominaispainoa olevista osasista kooltaan suuremmat osaset laskeutuvat nopeammin, kuin pienet. Samanmuotoiseista ja samankokoisista, muttei eri ominaispainoa olevista osasista ominasipainoltaan raskaammat laskeutuvat nopeammin kuin keveät. Samanpainoisista, mutta eri muotoisista osasista pallomaiset osaset laskeutuvat nopeammin, kuin levymäiset”.
(Karjalahti,1976.)

Karjalahti muistuttaa, että käsitteenä erotusraja on raekokoraja, jota pienemmät rakeet joutuvat ylitteeseen ja suuremmat joutuvat alitteeseen. Seulonnassa ja lajittelussa (esimerkisi keskipakolajittelu) käsitteillä on eri merkitys. (Karjalahti, 1976)

Elektrostaattisella erottimella voidaan erottaa eri lailla polarisoituvia muoveja myös, mutta liuoserottelu on yksinkertaisempi rakentaa. NIR (Near infrared) voisi myös tulla kyseeseen, mikäli materiaalimäärät olisivat riittävän suuret, ja automaatiojärjestelmä lajittelisi tuotteet. NIR-järjestelmään heikkoutena voidaan pitää sen kyvyttömyyttä erotella mustaa väriä.

Metallit voidaan toimittaa kierrätysjärjestelmään sulatettaviksi. Peitevalmistuksessa metallien määrä on vähäinen.

4.3 Ekstruusio ja materiaalien työstö

Ekstruusio on yleinen muovien työstömenetelmä. Menetelmä soveltuu erinomaisesti pitkien kappaleiden tuotantoon ja peruslaitteiston hankinnan jälkeen on mahdollista käsitellä erilaisia raaka-aineita, sekä tuottaa erilaisia profiileita riippuen suulakkeen mallista. Sopivalla syöttö-, ja säätöjärjestelmällä varustettuna laitteisto voidaan automatisoida.

Extruusiossa muoviraaka-aine sulatetaan, sekoitetaan ja siihen voidaan listätä mahdolliset lisäaineet. Kun massa etenee syöttöruuvissa halutun muotoiseen suulakkeeseen, voidaan siitä tehdä halutunmuotoista profiilia.

Useimmiten tämä menetelmä on osa suurempaa kokonaisuutta, jossa tuotteelle annetaan tarkka muoto ja lopulliset mitat. Menetelmällä voidaan valmistaa mm. kalvoja, putkia, levyjä, tankoja, köysiä, kaapeleiden päällysteitä, sekä pinnoittaa muoveilla kankaita, paperia ja kartonkia. (Muovitekniikan perusteet, 2002)

Extruderin rakenne on seuraava: laitteeseen syötetään suppilon kautta materiaalia sylinterin sisällä pyörivälle ruuville. Ruuvien muoto vaihtelee käytettävän materiaalin mukaan. Ruuvien profiili, eli kierteen muoto määrittää materiaalin etenemisen, materiaalin sekoittumisen, leikkaantumisen ja sulamisen. Puristussuhde kasvaa, kun kierteen nousu pienenee ruuvissa. PVC:lle käytettävässä ruuvissa puristussuhdetta nostetaan pienentämällä kärkeä kohti kierteen syvyyttä. Ruuveja on myös kaksivyöhykkeinen, komivyöhykkeinen (PE). Polyamidille käytetään lyhyen puristusvyöhykkeen ruuvia. Kaasunpoistollinen 4-vyöhykeruuvi ja kaasunpoistoruuvi ovat erikoisruuveja (dekompressoruuveja). Ruuvien pyöritysnopeudella ja lisävastuksilla voidaan vaikuttaa materiaalin pursotusnopeuteen ja massan lämpötilaan. Tilavuusvirta voidaan laskea kierrosnopeuden ja ruuvien tilavuuden suhteesta kaavalla 1:

$$V = (h \pi D n l \cos \alpha) / 2$$

V=tilavuusvirta

D= ruuan pohjan halkaisija

n=ruuvien pyörimisnopeus

$\cos \alpha$ =ruuvien nousukulma

h=ruuvien harjan korkeus

l=ruuvien pituus

Tilavuusvirran selvittäminen on tärkeää riittävän tuotantokapasiteetin selvittämiseksi. Jos ruuvi on väärin mitoitettu, hidastaa se huomattavasti tuotantoa. Suulakkeen jälkeen saatu tuote jäädytetään ja tarvittaessa

kalibroidaan riippuen tutotettavasta materiaalista ja halutusta tarkkuudesta (Muovitekniikan perusteet, 2002)

Profiilien valmistuksessa käytettävässä järjestelmässä on säätöjärjestelmä, suulakepuristin, pää- ja suulake, kalibrointi, jäähdytys, vetolaite, katkaisu ja viimeisenä joko kelauslaite tai rullarata, myös merkintä voidaan tehdä suoraan tässä linjassa esim. mustesuihkutulostuksella. (Muovitekniikan perusteet 2002).

5 YHTEENVETO

Oikealla toiminnalla voidaan päästä tuotannon osalta lähes jätteettömään toimintaan ja mikäli jää jätemateriaalia, niin silloin voidaan valmistaa tarvittaessa uusia tuotteita.

Käytyämme Riihimäellä Fortumin jätteenkäsittelylaitoksella tutustumiskäynnillä maaliskuussa 2018 kuulimme siellä suurimpien klooripäästöjen tulevan biojätteen poltosta, koska ruokasuola palaa ja tuottaa kloorikaasua. Entinen Ekokem, eli nykyinen Fortum pystyy polttamaan myös tarvittaessa PVC-jätteitä vaaralisten aineiden polttouunissaan, mutta se ei ole pehmyt PVC-kankaiden kohdalla tarpeellista, jos neitseellinen sivuvirta saadaan kerättyä ja käsiteltyä.

Jatkotutkimuksena voisi olla hyödyllistä tutkia PVC kankaasta saatavien kierrätysmateriaalien soveltuvuutta 3D-tulostusmateriaaleina.

LÄHTEET

Ferrari.S, Taxyloop [viitattu 12.3.2018] saatavissa:

<https://www.sergeferrari.com/commitments/taxyloop-unique-recycling-process>

Euroopan yhteisöjen komissio. 2000.Vihreä kirja – PVC ja ympäristö.

Bryssel. [viitattu 12.3.2018] saatavissa:

<http://ec.europa.eu/environment/waste/pvc/pdf/fi.pdf>

Järvelä.P.1994. Luento VTT Kemiantekniikka

Järvinen. P. 2008. Uusi muovitieto. WS Bookwell Oy, Porvoo

Karjalahti, K. 1976. Yleinen prosessitekniikka 1. Mekaaniset prosessit.

Helsinki:Ammattikasvatushallitus

Kotala.H. Puhelinhaastattelu [10.10.2017]. Scantarp Oy

Kurri.V, Malén.T, Sandell. R, Virtanen M. 2002. Muovitekniikan perusteet.

Helsinki: Opetushallitus

Manrich, S., Santos, Amélia.S.F., Plastic Recycling. 2009. Nova Science publishers

Mediseam Oy. [viitattu 12.3.2018] saatavissa: <https://www.mediseam.fi/>

Poropudas. M. 2011. Polyviinylikloridin (PVC) kierrätys ja uusiokäyttö. TTY [viitattu 23.3.2018] saatavissa:

<https://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/21281>

PVC recycling in Europe [viitattu 19.3.2018] saatavissa:

<http://www.pvc.org/en/p/recycling-in-europe>

Scantarp Oy ympäristölupa. [viitattu 19.3.2018] saatavissa:

<http://docplayer.fi/37014740-Teknisiä-kankaita-valmistavan-tehtaan-ymparistoluvan-lupamaaraysten-tarkistaminen.html>

Scantarp Oy. [viitattu 12.3.2018] saatavissa:

<http://www.scantarp.fi/kuluttajamyynti>

Scantarp Oy. [viitattu 12.3.2018] saatavissa:

<http://www.scantarp.fi/tekniset-kankaat>

Siirilä.T.2008. Koneturvallisuus, Eu-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. Inspecta. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy

Snyder, R.H. 1998. Scrap tires: disposal and reuse; Society of Automotive Engineers. Inc.Warrendale. PA.

Suomen Muoviteollisuusliitto.1999. PVC-puhuu puolestaan ja kestää.
Tekninen esite

The history of PVC, [viitattu 19.3.2018] saatavissa:

<http://www.pvc.org/en/p/history>

.

LIITTEET

Kyselylomake Webropol

Vastatkaa mahdollisimman moneen kysymykseen. Kyselyn lopussa on tilaa ajatuksille, mikäli kysymyslomakkeella puuttuu jotain olennaista. Kiitos etukäteen.

1. Jälkikäteen tapahtuvaa yhteydenottoa varten pyytäisin perustietoja

Etunimi _____

Sukunimi _____

Matkapuhelin _____

Sähköposti _____

Osoite _____

Postinumero _____

Postitoimipaikka _____

Puhelin _____

Yritys / _____

Organisaatio _____

2. Onko yrityksenne *

Kankaan valmistaja

- Kankaista tuotteita valmistava yritys
- Loppukäyttäjä

3. Yrityksen toimiala? *

- Teollisuus
- Vuokraustoiminta
- Kuljetusliike
- Pitopalveluyritys
- Jätehuoltoyritys

4. Miten tällä hetkellä käsittelette tuotannon sivuvirrat?

- Oma tuotanto
- Myynti
- Sopimus toisen yrityksen kanssa (ei jätteeksi)
- Paikallinen jätehuolto
- Muu, Mikä?

5. Otatteko vastaan asiakkailtanne käytettyjä tuotteita hävitettäväksi

- Kyllä
- Ei
- Ottaisimme, jos asiakas maksaa teille tuotteen välityskulut esim. kilojen mukaan.

6. Oletteko kiinnostuneet osallistumisesta kehitteillä olevaan keräysjärjestelmään?

- Kyllä
- Ei
- Meillä on oma jo toimiva järjestelmä, jonka puitteissa uutta toimintaa ei tarvita.

7. Kuinka paljon teillä tulee kuukausittain pehmyt PVC kangasjätettä?

- Alle 500 kg
- 500-1000 kg
- 1000-2000 kg
- 2000-5000 kg
- yli 5000 kg

8. Onko teille kertyvä ylijäämä/tuotannon sivuvirta?

- Neitseellistä materiaalia
- Sisältää lisätarvikkeita (purjerenkaat, köydet, lukot jne..)

9. Onko teillä mahdollisuus poistaa purjerenkaat ja metallit ennen lähettämistä?

- Kyllä
- Ei

10. Minkälainen järjestelmä palvelisi yritystänne parhaiten?

- Suursäkkikeräys sekalaiselle materiaalille
- Murksauslaitteisto ja säkityslaite
- Rullakko/konttikeräys

Oma pakkaus (esim. pakkaaminen lavoille)

11. Onko teillä ideoita tai tarvetta mahdollisille kierrätysmassasta valmistetuille tuotteille? Esimerkiksi pyöreä nauha tai profiilit.

600 merkkiä jäljellä

12. Millaisia tarpeita tai ajatuksia teille herää keräys ja kierrätystoiminnasta?

1000 merkkiä jäljellä

[Keskeytä]

Vahvista vastausten lähetys