

# Kierrätysmateriaalien mahdollisuudet vaatetusalan yritykselle

Case: Nurmi

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Materiaalitekniikan  
koulutusohjelma  
Tekstiili- ja vaatetustekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2016  
Heini Liekkola

Lahden ammattikorkeakoulu  
Materiaalitekniikan koulutusohjelma

LIEKKOLA, HEINI:

Kierrätysmateriaalien mahdollisuudet  
vaatetusalan yritykselle  
Case: Nurmi

Tekstiili- ja vaatetustekniikan opinnäytetyö, 61 sivua, 1 liitesivu

Kevät 2016

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kierrätysmateriaalien mahdollisuuksia ja saatavuutta vaatetusalan yritykselle. Tutkimusongelmina oli selvittää, minkälaisia kierrätysmateriaaleja on saatavilla ja kehitteillä sekä miten suunnittelulla voidaan vaikuttaa vaatteiden kierrätettävyyteen. Opinnäytetyö tehtiin Nurmi -vaatemerkin toimeksiantona.

Työn teoriaosuudessa perehdytään yleisesti tekstiilien kierrätykseen, tekstiiliteollisuudessa käytössä oleviin kierrätysmenetelmiin sekä tekstiilien kierrätykseen liittyviin haasteisiin. Teoreettinen viitekehys perustuu kirjalliseen ja sähköiseen aineistoon.

Tutkimus toteutettiin pöytälaatikkotutkimuksena, joka pohjautuu pääosin kirjalliseen sekä sähköiseen aineistoon, kuten yritysten ja muiden tahojen verkkosivuihin sekä muihin julkaisuihin. Tutkimuksen ja teorian pohjalta arvioitiin kierrätysmateriaalien mahdollisuuksia Nurmi-merkin kannalta.

Tutkimuksessa selvisi, että eniten esiintyy kierrätettyjä synteettisiä kuituja ja varsinkin PET-pulloista kierrätettyä polyesteriä. Muita kuituja, kuten puuvillaa ja villaa on rajallisemmin saatavilla vaatetuskäyttöön, ja niihin on usein sekoitettu neitseellistä kuitua. Kehitteillä olevista kuiduista kierrätetyt selluloosapohjaiset kuidut nähdään potentiaalisina. Suunniteltaessa vaate kierrätettäväksi huomioidaan sen koko elinkaaren eri vaiheet. Erityisesti materiaaleilla, designilla ja valmistustavoilla voidaan vaikuttaa vaatteiden kierrätettävyyteen.

Kierrätysmateriaalit voidaan hyvin nähdä osana Nurmi-vaatemerkin filosofiaa ja yhtenä osana kiertotalouden toteuttamisessa. Haasteena voidaan pitää toistaiseksi kierrätyskuitujen saatavuutta sekä muita työssä esiteltyjä seikkoja, kuten hankintapaikkojen sijaintia ja joidenkin kierrätyskuitujen kohdalla tuoteturvallisuutta. Erityisesti erilaisten kierrätystä tukevien palveluiden tarjoaminen koetaan potentiaaliseksi.

Asiasanat: kierrätysmateriaali, kierrätetty kuitu, kiertotalous, kierrätettävyys

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Materials Technology

LIEKKOLA, HEINI:

Possibilities of recycled materials for  
a company in the clothing field  
Case: Nurmi

Bachelor's Thesis in Textile and Clothing Technology, 61 pages, 1 page of  
appendices

Spring 2016

ABSTRACT

---

This thesis examines the possibilities and availability of recycled materials for a company in the clothing field. The research problems were to examine what kind of recycled materials are available and what are under development, and furthermore, the influences of designing on the recyclability of a garment. The thesis was commissioned by clothing brand Nurmi.

The theoretical part of the thesis discusses textile recycling in general, the recycling methods used in the textile industry and the challenges in textile recycling. Sources for the theoretical part include literary and electronic material.

The research was conducted as a theoretical study, based mainly on literary and electronic material, such as websites and publications of companies and other organizations. Based on the study and the theoretical part, evaluations about the possibilities of recycled materials were given to the client company.

The results of the survey show that the most significant recycled fibers are synthetic fibers and particularly recycled polyester from PET bottles. The availability of other fibers, such as cotton and wool, for use in garments is more limited and they often appear in blends of recycled fiber and virgin fiber. Recycled cellulosic fibers that are currently under development are considered potential. Designing a recyclable garment requires the whole life cycle of a garment to be considered. Especially materials, design and production methods affect the recyclability of a garment.

Recycled materials can be seen as a possible part of Nurmi's philosophy and one part in operating according to the principles of the circular economy. One challenge regarding recycled fibers is their availability, at least for now. Other challenges include suppliers' location and in some cases product safety. Product-service systems supporting recycling are considered to have potential.

Key words: recycled material, recycled fiber, circular economy, recyclability

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	NURMI	4
2.1	Vastuullinen vaatemerkki	4
2.2	Uudelleenkonseptointi	5
3	TEKSTIILIEN KIERRÄTYS	6
3.1	Tekstiilijäte	6
3.2	Kierrätyksen lähtökohtia	8
3.2.1	Cradle to cradle	9
3.2.2	Kiertotalous	11
3.3	Tekstiilien kierrätysmenetelmät teollisuudessa	12
3.4	Tekstiilien kierrätyksen haasteet	14
4	KIERRÄTYSMATERIAALIT	16
4.1	Kierrätetty kuitu	16
4.1.1	Mekaanisesti kierrätetty puuvilla	17
4.1.2	Villa	18
4.1.3	Polyesteri	19
4.1.4	Polyamidi	23
4.1.5	Kehitteillä olevat kemiallisesti kierrätetyt selluloosapohjaiset kuidut	24
4.1.6	Ruokajätteestä valmistetut kuidut	26
4.2	Kierrätettyjen kuitujen saatavuus	29
5	SUUNNITTELU KIERRÄTYKSEN EHDON	31
5.1	Suunnitteluprosessin vaikutukset kierrätykseen	31
5.2	Materiaalien valinta	32
5.3	Design ja valmistus	34
5.4	Laajennettu tuottajavastuu	36
5.5	Palveluiden tarjoaminen kierrätyksen tukena	37
5.6	Kierrätysmateriaalien tuoteturvallisuus	39
5.7	Kierrätysmateriaaleja koskevat standardit	41
6	YHTEENVETO	46
	LÄHTEET	50
	LIITTEET	62

## KÄSITTEET

Cradle to cradle	Kehdosta kehtoon -periaate ja suunnittelufilosofia, joka perustuu kahden kierron (tekninen ja biologinen) välille.
Downcycling	Kierrätysmenetelmä, jossa materiaalin arvo alenee alkuperäisestä.
Kiertotalous	Talouden malli, jossa tehostetaan resurssien ja materiaalien käyttöä siten, että raaka-aineet sekä niiden arvo säilyvät kierrossa.
Kierrätysmateriaali	Kierrätetystä raaka-aineesta valmistettu materiaali käytettäväksi tekstiileissä ja vaatteissa.
Pre-consumer waste	Teollisuuden jäte, joka on peräisin kuidun, langan ja kankaan sekä itse vaatteen tai muun tekstiilin valmistuksesta.
Post-consumer waste	Kotitalouksien jäte; kuluttajan käyttöön päätyneet tekstiilit, jotka halutaan poistaa käytöstä.
Upcycling	Kierrätysmenetelmä, jossa materiaalin laatu pysyy yhtä korkeana tai voi olla jopa korkeampi kuin alkuperäisessä tuotteessa.

## 1 JOHDANTO

Väestönkasvu sekä elintason paraneminen ovat kiihdyttäneet tekstiilikuitujen kysyntää. Kysynnän ennustetaan lähes kaksinkertaistuvan seuraavan noin viidentoista vuoden aikana (Suomen tekstiili & muoti ry 2014). Luonnonkuitujen, kuten puuvillan viljelyn lisääminen ei ole mahdollista, sillä viljelymaata tarvitaan ravinnon tuottamiseen kasvavalle väestölle. Synteettisten kuitujen tuotanto puolestaan kuluttaa väheneviä öljyvaroja. Selluloosamuuntokuituihin on kehitetty ympäristöystävällisempi lyocell, mutta edelleen yleisimmän selluloosamuuntokuidun, viskoosin, valmistukseen liittyy myrkyllisten kemikaalien käyttö. Samaan aikaan maailmassa syntyy vuosittain runsaasti tekstiilijätettä, joka toistaiseksi päättyy yleisimmin polttoon tai kaatopaikalle.

Suurin osa kaatopaikalle päätyvistä tekstiileistä pystyttäisiin kuitenkin kierrättämään. Tekstiilijätteestä voidaan kierrättää erilaisin menetelmin uutta materiaalia, jolloin säästetään neitseellisen kuidun valmistukseen verrattuna luonnonvaroja ja vähennetään kaatopaikalle päätyvän jätteen määrää. Myös muunlaisia raaka-aineita voidaan hyödyntää tekstiileissä käytettävien kierrätysmateriaalien valmistuksessa. Esimerkiksi ruokajätteestä valmistettuja tekstiilimateriaaleja kehitetään. Kierrätysmateriaaleja esiintyy vaatteissa kasvavassa määrin, varsinkin suuremmat vaatemerkit ovat lisänneet mallistoonsa tuotteita, jotka on valmistettu kierrätysmateriaaleista. Tässä opinnäytetyössä perehdytäänkin kierrätysmateriaalien mahdollisuuksiin vaatetusalan yritykselle.

Vastuullinen vaatemerkki Nurmi pohtii kierrätysmateriaalien potentiaalia tuotteidensa materiaaliksi. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on siltä pohjalta selvittää kierrätysmateriaalien mahdollisuuksia ja saatavuutta. Työssä tutkitaan, minkälaisia kierrätysmateriaaleja on saatavilla ja kehitteillä. Lisäksi perehdytään siihen, miten suunnittelulla voidaan vaikuttaa vaatteiden kierrätettävyyteen. Työ toimii pohjatutkimuksena sille, mitä mahdollisuuksia Nurmella on siirtyä valmistamaan merkin tuotteita pelkästään kierrätysmateriaaleista. Opinnäytetyön taustalla on toimeksiantajayrityksessä suoritettu neljän kuukauden työharjoittelujakso.

Työn tietolähteitä ovat kierrätysmateriaaleja ja tekstiilien kierrätystä koskeva kirjallisuus sekä sähköinen aineisto. Itse tekstiilien kierrätykseen liittyvää aineistoa on jonkin verran saatavilla, mutta varsinaisesti kierrätyskuiduista on vähemmän aineistoa löydettävissä, joten se perustuu lähinnä yritysten ja muiden tahojen kautta hankittuun tietoon. Myöskään kierrätyskuidusta valmistettujen materiaalien käytöstä vaatetuksessa tai kierrätyksen huomioivasta vaatesuunnittelusta ei ole aineistoa löydettävissä, joten on sovellettu kestävän kehityksen suunnitteluun liittyvää aineistoa.

Aihetta koskevat aikaisemmat opinnäytetyöt liittyvät pääasiassa tekstiilien kierrätykseen yleisesti tai materiaalien uusio- ja hyötykäyttöön, kuten poistotekstiilien tai ylijäämäkankaiden käyttöön vaatteiden valmistuksessa. Esimerkiksi Essi Aksila perehtyi keväällä 2013 kierrätysmateriaaleihin suunnitteleamalla naistenvaatemalliston Seppälä Oy:n lahjoittamista ylijäämämateriaaleista. Ympäristöystävälliseen suunnitteluun liittyen Heta Kupsala tutki syksyllä 2013 kuinka soveltaa cradle to cradle -konsepti vaatesuunnitteluun ja muotiin sekä sitä mikä on suunnittelijan ammatillinen, taloudellinen, sosiaalinen ja ympäristöllinen vastuu. Erityisesti kierrätyksen huomioivaan suunnitteluun liittyvää tutkimusta ei ole tehty.

Kierrätysmateriaalilla tarkoitetaan työssä kierrätetystä raaka-aineesta valmistettua materiaalia, joka soveltuu käytettäväksi tekstiileissä ja vaatteissa. Kysymys on siis esimerkiksi kankaasta, jota vaatetusalan yritys voi ostaa pakkatavarana valmistajalta. Sillä ei siis viitata esimerkiksi ylijäämämateriaaleihin tai poistotekstiileihin, joita sellaisenaan uusiokäytettäisiin vaatteiden valmistuksessa, vaan kyse on kierrätetystä kuidusta, jonka takana on valmistusprosessi.

Työn alussa luvussa kaksi (Nurmi) esitellään toimeksiantaja ja seikat, jotka johtivat opinnäytetyön aiheeseen. Tämän jälkeen kolmannessa luvussa (Tekstiilien kierrätys) aihetta pohjustetaan käsittelemällä tekstiilien kierrätystä yleisesti. Luvussa neljä (Tekstiilimateriaalit) perehdytään kierrätysmateriaaleihin ja niiden saatavuuteen. Esimerkkien avulla

selvitetään, minkälaisia kierrätysraaka-aineesta valmistettuja kuituja on saatavilla ja minkälaisia kuituja on parhaillaan kehitteillä. Käsiteltäviksi kierrätysmateriaaleiksi valikoituivat toimeksiantajan kannalta olennaiset kuidut. Viidennessä luvussa (Suunnittelu kierrätyksen ehdoin) perehdytään siihen, miten vaateen suunnittelulla voidaan vaikuttaa sen kierrätettävyyteen. Lopuksi luvussa kuusi (Yhteenveto) kootaan työn pääkohdat ja tulokset.



## 2 NURMI

### 2.1 Vastuullinen vaatemerkki

Nurmi on Anniina Nurmen vuonna 2010 perustama lahtelainen vaatemerkki, joka myy vastuullisesti valmistettuja naisten ja miesten vaatteita sekä asusteita. Anniina Nurmi valmistui vuonna 2007 Lahden Muotoiluinstituutista vaatesuunnittelijaksi. Vuotta myöhemmin hän alkoi kirjoittaa Vihreät vaatteet -blogia, joka keskittyy ekologisiin ja eettisiin vaatteisiin ja vastuulliseen kuluttamiseen. Myytyään muiden vastuullisten merkkien vaatteita verkkokaupassa syntyi ajatus omasta vaatemerkestä. (Nurmiclothing 2015a.)

Yrityksen lähtökohtana on toimia vastuullisena vaatemerkinä. Vastuullisuudella tarkoitetaan yrityksessä ekologista, eettistä ja läpinäkyvää tapaa suunnitella, valmistaa ja käyttää vaatteita. Vastuullisuusarvot näkyvät muun muassa pitkäkestoisena designina, laatuina, ekologisina materiaaleina, eettisinä työolosuhteina sekä tuotantoprosessin läpinäkyvyytenä. (Nurmiclothing 2015b.)

Nurmi-merkin tuotteet edustavat tyyliltään minimalistista skandinaavista muotokieltä sekä ajattomuutta. Tuotteisiin kuuluvat miesten ja naisten ylä- ja alaosat, farkut sekä asusteet. Päämateriaaleja tuotteissa ovat tähän asti olleet luomupuuvilla, hamppu, ylijäämämateriaalit sekä 100 prosenttinen kierrätetty denim, jonka on valmistanut Pure Waste Textiles. Lisäksi viimeisin mallisto sisälsi kierrätetystä villasta valmistettuja neuletuotteita, joiden materiaali on peräisin eurooppalaisen neuleteollisuuden lankajätteestä. Tuotteiden valmistus on tapahtunut Suomessa ja Virossa. Tuotteet on jaoteltu väljästi kahdesti vuodessa ilmestyviin mallistoihin, mutta osa tuotteista jatkaa mallistosta toiseen. (Nurmiclothing 2015a.)

Yrityksellä oli marraskuuhun 2015 asti oma verkkokauppa sekä studio ja myymälä Lahdessa. Sen lisäksi tuotteita on ollut myynnissä yhdeksässä muussa verkkokaupassa sekä jälleenmyyjien liikkeissä Suomessa, Euroopassa ja Yhdysvalloissa. (Nurmiclothing 2015c.) Vuoden 2015

helmikuusta lähtien Nurmen myymälän yhteydessä oli kokeilussa yhdeksän kuukauden ajan vaatelainaamo. Lainaamossa oli lainattavissa sekä Nurmi-merkin nykyisiä että vanhempia tuotteita ja vastuullisuuteen liittyviä kirjoja. (Nurmi 2015a.)

## 2.2 Uudelleenkonseptointi

Yrityksen oltua toiminnassa viiden vuoden ajan, Nurmi julkisti syyskuussa 2015 jättävänsä merkin tauolle. Joulukuusta 2015 lähtien merkiltä ei toistaiseksi tule uutta mallistoa. Tarkoituksena on konseptoida liiketoiminta uudelleen niin, että siitä saadaan kaikilta osin kannattavaa. (Nurmiclothing 2015d.) Nurmi (2015a) toteaa merkin kehittyneen paljon toimintansa aikana, mutta tarkoituksena olisi ajatella vastuullisuutta vielä laaja-alaisemmin kuin tähän asti ja pohtia keinoja toteuttaa kiertotalouden ajatusta yrityksen toiminnassa. Toistaiseksi toiminta on pohjautunut pääsääntöisesti lineaariseen tuotannon malliin. Tuotteiden elinkaari on lähtenyt materiaalista ja suunnittelusta, josta tuotteet siirtyvät valmistuksen jälkeen käyttöön. Tämän jälkeen ne mahdollisesti kierrätetään ja lopulta hävitetään. Vastuullisuus on tähän asti painottunut tuotteiden elinkaaren alkupäähän, eli esimerkiksi siihen, miten se voidaan huomioida suunnittelussa, materiaaleissa ja valmistuksessa.

Nurmi (2015a) näkee kierrätysmateriaalit potentiaalisena vaihtoehtona tuotteidensa materiaaliksi. Tästä syystä halutaan selvittää mahdollisuuksia siirtyä käyttämään merkin tuotteissa ainoastaan kierrätysmateriaaleja. Toisaalta kiertotalouden toiminta-ajatukseen liittyen tutkitaan myös sitä, miten suunnittelulla voidaan vaikuttaa koko tuotteen elinkaareen niin, että tuote on helposti kierrätettävissä.

### 3 TEKSTIILIEN KIERRÄTYS

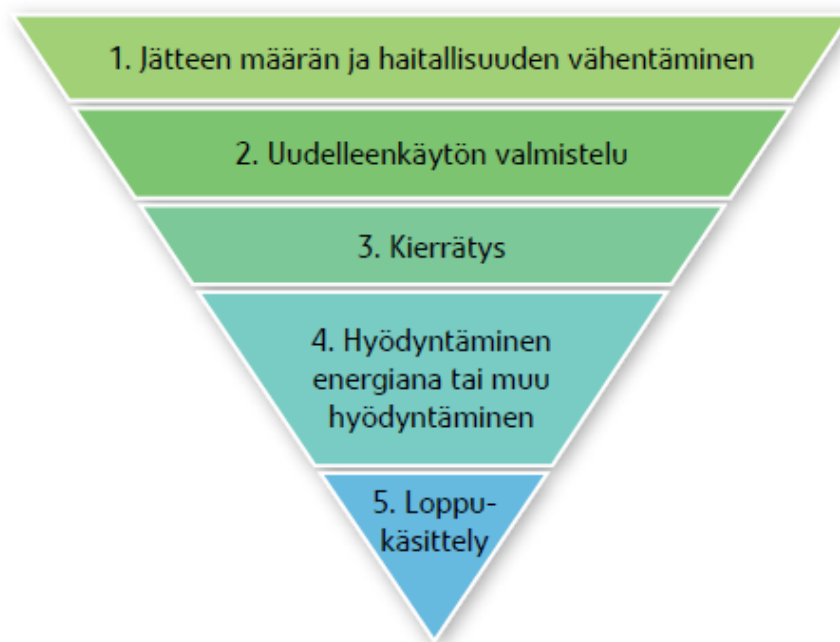
#### 3.1 Tekstiilijäte

Suomessa kulutetaan vuosittain noin 71 miljoonaa kiloa tekstiilejä. Suurin osa käytöstä poistettavista tekstiileistä tulee kuluttajilta ja noin kymmenesosa laitostalouksilta. Vuonna 2012 jätehuoltoon päätyi 58 miljoonaa kiloa tekstiilejä, josta suurin osa, 59 prosenttia, päätyi kaatopaikalle ja 41 prosenttia energiana hyödynnettäväksi. Kierrätykseen päätyy vain noin 1,5 prosenttia (1,15 miljoonaa kiloa) käytöstä poistettavista tekstiileistä. Suurin osa kierrätykseen päätyvistä tekstiileistä on peräisin hyväntekeväisyysjärjestöiltä ja loput pesuloista ja muista laitostalouksista. (Aalto, Dahlbo, Eskelinen, Huopalainen, Pennanen, Salmenperä & Sippola 2015, 15.) Suomessa tekstiilien kierrätysaste on alhainen Euroopan tasolla katsottaessa (Friends of the Earth Europe 2009, 18).

Euroopassa syntyy vuodessa 5,8 miljoonaa tonnia tekstiilijätettä. Siitä 75 prosenttia päätyy kaatopaikalle tai poltettavaksi ja vain 25 prosenttia kierrätykseen. Maailmanlaajuisesti tekstiilejä päätyy kaatopaikalle tai polttoon yli 60 miljoonan tonnin edestä. Tekstiilien kierrätysaste onkin alhainen verrattuna muihin materiaaleihin. Esimerkiksi 80 prosenttia teräksestä, 65 prosenttia paperista ja 30 prosenttia muoveista kierrätetään. (Voncina 2015, 2.) Lähes 95 prosenttia kaatopaikalle päätyvistä tekstiileistä pystyttäisiin kierrättämään. Myös tekstiiliteollisuudessa syntyy jätettä leikkuujätteen muodossa. Vaatteen valmistuksessa noin 15 prosenttia kankaasta menee hukkaan. (Textile Exchange 2012.)

Jätteiden käsittelystä säädetään Suomessa jätelainsäädännöllä, joka pohjautuu Euroopan unionin jätelainsäädäntöön ollen osittain kuitenkin EU-säädöksiä kattavampi ja tiukempi (Ympäristöministeriö 2015). Yksi keskeisimmistä periaatteista Suomen jätelainsäädännössä on EU:n jätedirektiiviin perustuva etusijajärjestys. Kuviossa 1 esitetyn etusijajärjestyksen mukaan ensisijaisesti on pyrittävä välttämään jätteen

syntymistä. Mikäli jätteen syntyä ei voida ehkäistä, on jätteen haltijan valmisteltava se uudelleenkäyttöä varten tai kierrätettävä. Jos kierrätys ei ole mahdollista, tulee jäte hyödyntää muulla tavoin, kuten energiana. Vain mikäli jätteen hyödyntäminen ei ole mahdollista, voidaan se loppukäsittellä, mikä usein tarkoittaa sijoittamista kaatopaikalle. Etusijajärjestyksellä pyritään osaltaan rajoittamaan jätteen kaatopaikalle sijoittamista ja tavoitteena on, että vähintään 50 prosenttia yhdyskuntajätteestä, johon tekstiilijäte lukeutuu, voidaan kierrättää vuoteen 2016 mennessä. (Ympäristöministeriö 2012.)



KUVIO 1. Etusijajärjestys (Ympäristöministeriö 2012)

Vuodesta 2016 alkaen, valtioneuvoston asetus kaatopaikoista rajoittaa orgaanisen jätteen sijoittamista kaatopaikalle. Kaatopaikalle ei saa tällöin enää sijoittaa jätettä, joka sisältää yli kymmenen prosenttia orgaanista ainesta. Tekstiilijätteen kohdalla tämä tarkoittaa käytännössä, että tekstiilejä ei saa enää viedä kaatopaikalle. Ne ohjautuvat jatkossa enenevästi polttoon tai hyödynnettäväksi materiaalina.

(Ympäristöministeriö 2013.)

Tekstiilijäte voidaan jakaa teollisuuden jätteeseen (engl. pre-consumer waste) ja kotitalouksien jätteeseen (engl. post-consumer waste).

Teollisuuden jäte on peräisin kuidun, langan ja kankaan sekä itse vaatteiden tai muun tekstiilin valmistuksesta. (Farley & Hill 2015, 21.) Suomessa tekstiiliteollisuuden jätettä syntyy noin kaksi miljoonaa kiloa vuodessa. Teollisuuden jäte on usein tasalaatuista, ja sen määrät ovat suurempia. Suuri osa teollisuuden jätteestä hyödynnetään tällä hetkellä energiana. (Suomen tekstiili & muoti ry 2015.) Kotitalouksien jätteellä tarkoitetaan kaikkia kuluttajan käyttöön päätyneitä tekstiilejä, jotka halutaan poistaa käytöstä. Kotitalouksien tekstiilijäte on teollisuuden jätteeseen verrattuna ongelmallisempaa kierrättää, sillä se on sekalaista ja sisältää paljon erilaisia materiaaleja. Esimerkiksi napit ja vetoketjut joudutaan pääasiassa irrottamaan käsin ja myös lajittelu uusiokäyttöä ja kierrätystä varten tehdään yleensä käsityönä. (Suomen tekstiili & muoti ry 2015.)

### 3.2 Kierrätyksen lähtökohtia

Kierrätyksestä puhuttaessa voidaan eritellä englanninkieliset termit *downcycling* ja *upcycling*. Termeille ei ole käytössä varsinaisia suomenkielisiä käännöksiä. Kierrätyksestä käytetään *downcycling*-termiä, kun kierrätysprosessissa menetetään materiaalin arvoa ja materiaalin laatu on alhaisempi kuin alkuperäisessä tuotteessa. *Upcycling* puolestaan tarkoittaa, että tuotteen laatu pysyy yhtä korkeana ja materiaalin arvo voi olla jopa korkeampi kuin alkuperäisessä tuotteessa. (Niinimäki 2013, 18.)

Tekstiilien kierrätys on suurimmaksi osaksi materiaalin arvoa alentavaa, tyypillisesti tekstiilejä kierrätetään esimerkiksi teollisuuden räteiksi tai imeytystuotteiksi (Aalto ym. 2015, 34). Sen lisäksi että tällä tavoin kierrättämällä materiaalin laatu ja arvo heikkenevät, joudutaan prosessissa usein lisäämään erilaisia kemikaaleja haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. *Downcycling* pidentää hetkellisesti materiaalin käyttöikä, mutta ennen pitkää se päättyy kuitenkin polttoon tai kaatopaikalle. (Braungart & McDonough 2002, 57–59.) *Upcycling* pyrkii pureutumaan tätä laaja-alaisemmin tekstiilijätteeseen liittyviin ongelmiin jo valmistusvaiheessa, esimerkkinä tästä vaatteiden valmistaminen

teollisuuden ylijäämämateriaaleista. Terminä upcycling yleistyi seuraavaksi esiteltävän cradle to cradle -periaatteen myötä.

### 3.2.1 Cradle to cradle

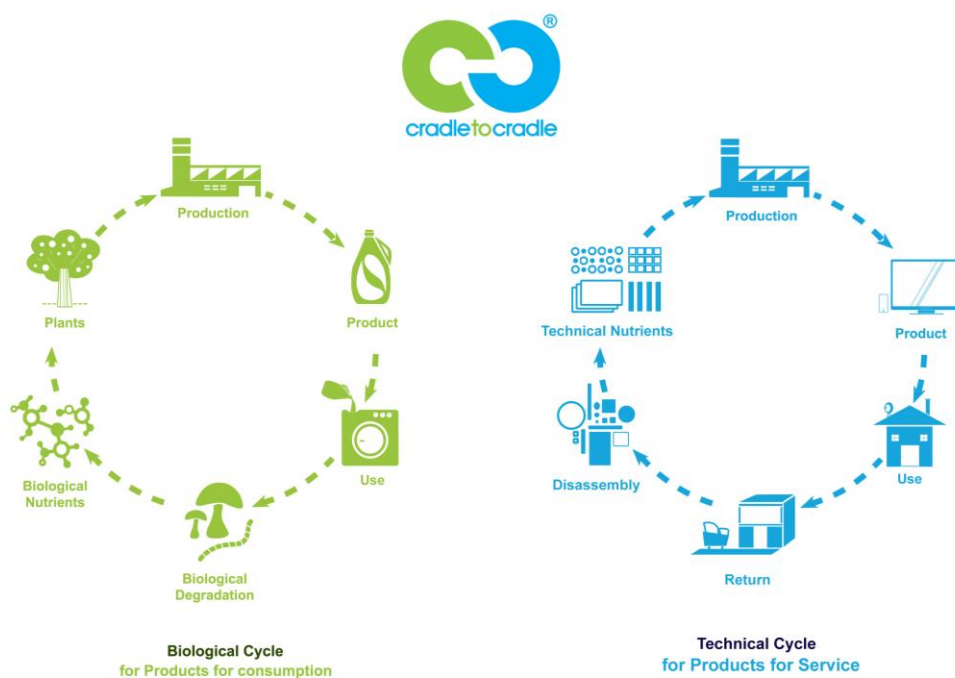
Teollinen tuotanto toimii pääasiassa cradle to grave -mallin (kehdestä hautaan) mukaan. Tuotteita valmistetaan tehokkaalla tahdilla kulutukseen, minkä jälkeen jää kuluttajan tehtäväksi selvittää, miten hävittää tuote. Tuotteet vanhenevat nopeasti, ja ne suunnitellaan poisheitettäviksi. Yleensä ne päätyvät kaatopaikalle tai polttoon käytön jälkeen. (Braungart & McDonough 2002, 27.) Vaatetusteollisuudessa mallistot vaihtuvat pääsääntöisesti nopealla syklillä, jolloin vanhemmat vaatteet voidaan kokea vanhentuneiksi, ja niiden tilalle hankitaan jatkuvasti uusia. Toisaalta myös nopea tuotantotapa ilmenee vaatteiden heikkona laatuna, minkä vuoksi ne eivät välttämättä kestäkään käytössä pitkään.

Cradle to cradle -periaatteen (kehdestä kehtoon) toivat tunnetuksi arkkitehti William McDonough ja kemisti Michael Braungart vuonna 2002. Itse käsitteen toi esille jo vuonna 1970 Walter R. Stahel. Cradle to cradle on suunnittelun lähtökohta, joka ottaa mallia luonnossa tapahtuvista prosesseista. McDonough ja Braungart toteavat ihmisten olevan ainoa laji, joka ottaa maaperästä ravintoaineita, mutta palauttaa ne harvoin takaisin käyttökelpoisessa muodossa. (Braungart & McDonough 2002, 96.)

Cradle to cradle -filosofia hylkää ajatuksen jätteestä, jolloin kaikki luonnonvarat ja resurssit koetaan arvokkaiksi ja uudelleenkäytettäviksi (Braungart & McDonough 2002, 104). Sen sijaan, että perinteisen ekotehokkuuden tavoin pyrittäisiin minimoimaan ympäristölle aiheutuvia vahinkoja ja päästöjä ja löytämään ”vähemmän huonoja” ratkaisuja, lähtökohtana cradle to cradle -suunnittelussa on aikaansaada ainoastaan positiivinen vaikutus ympäristöön ja ihmisiin. Lisäksi se painottaa uusiutuvien energiamuotojen käyttöä sekä kulttuurien ja luonnon moninaisuuden säilyttämistä. (MBDC 2016a.) Teollisuuden tulisi huomioida paikalliset olosuhteet ja materiaali- ja energiavirrat sekä

kulttuuriset seikat suunnittelussa, eikä toteuttaa samankaltaisia ratkaisuja kaikkialla maailmassa (Braungart & McDonough 2002, 122).

Cradle to cradle -ajatuksen mukaan tuotteet suunnitellaan materiaaleista, jotka joko biohajoavat ja toimivat ravinteina biologisessa kiertokulussa tai teknisistä materiaaleista, jotka kiertävät suljetussa kierrossa arvokkaina teollisuuden raaka-aineina. Tämä biologinen ja tekninen kierto on kuvattu kuviossa 2. Biologiseen kiertoon kuuluvat sellaiset maatuvat materiaalit, joiden ei tarvitse säilyä ikuisesti, esimerkiksi suurin osa pakkauksista. (Braungart & McDonough 2002, 104–105.) Tekniseen kiertoon kuuluvat metallit, muovit ja muut materiaalit, joita biosfääri ei tuota jatkuvasti ja jotka voivat toimia raaka-aineena uudelleen ja uudelleen sen sijaan, että päätyvät kaatopaikalle. Olennaista on pitää näiden kahden kierron raaka-aineet erillään toisistaan, sillä se mikä on turvallista teknisessä kierrossa, voi olla haitallista biologisessa kierrossa ja toisinpäin. (Braungart & McDonough 2013, 14.)



KUVIO 2. Biologinen ja tekninen kierto (EPEA 2016)

Tekstiileissä synteettiset kuidut kuuluvat tekniseen kiertoon, sillä ne eivät biohajoa, vaan kasaantuvat luontoon. Sen sijaan kasvi- ja eläinperäisiä

kuituja luonnon mikro-organismit pystyvät hajottamaan. Kuitenkin myös väriaineet ja kemikaalit vaikuttavat siihen, soveltuuko tekstiili kierrätettäväksi tai kompostoitavaksi. Suuri osa väreistä ja kemikaaleista on sellaisia, että päätyessään muutoin biohajoavan kuidun mukana luontoon, ne saastuttavat maaperää ja vesistöjä vapauttamalla myrkyjä. Haasteena on esimerkiksi vaatteessa suunnitella kaikki muukin, mukaan lukien vetoketjut, napit ja yleensä polyesteristä valmistetut langat biohajoaviksi. (Fletcher 2014, 132–133.) Tekstiileissä sekoitemateriaalien kierrätyksen haasteet liittyvät tähän kahden kierron raaka-aineiden, luonnonkuitujen ja synteettisten kuitujen, sekoittumiseen keskenään. Cradle to cradle -ajattelu toimii pohjana kiertotaloudelle.

### 3.2.2 Kiertotalous

Kiertotalous on talouden malli, jossa jätteen syntyminen on minimoitu. Siinä tehostetaan resurssien ja materiaalien käyttöä siten, että raaka-aineet sekä niiden arvo säilyvät kierrossa. Kiertotalous merkitsee siirtymistä pois suoraviivaisesta talouden mallista, joka perustuu tuotantoon, kulutukseen ja hävittämiseen ja jossa kierrättäminen pidetään erillään tuotannosta. Käytännössä tuotteet suunnitellaan siten, että ne ovat uudelleen käytettävissä ja kierrätettävissä raaka-aineeksi. Tuotteita korvataan palveluilla, ja energia tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä. (Sitra 2014). Uusiutuvat ja uusiutumattomat luonnonvarat kiertävät cradle to cradle -ajatuksen tapaan. Tällä tavoin ravinteet palautuvat maaperään ja uusiutumattomat luonnonvarat kiertävät kuormittamatta ekosysteemejä. (Hildén, Kauppi, Mickwitz & Seppälä, 2014.)

Pohjoismaiden ministerineuvosto on julkaissut tekstiilialan toimintasuunnitelman, jonka mukaan tavoitteena on, että muoti- ja tekstiiliala on vuoteen 2050 mennessä osa kiertotaloutta (Sarasalo 2015). Etenkin vaatetusteollisuudessa voidaan kuitenkin ajatella olevan vielä paljon tehtävää kohti kiertotaloutta. Nurmi (2015b, 23) toteaa kiertotalouden olevan yhteydessä ennen kaikkea suunnitteluun, jonka tulee huomioida koko tuotteen elinkaari. Vaatteen elinkaarta ei silloin



mielletä enää lineaarisen kehdestä hautaan -periaatteen kautta, vaan materiaalien tulee kiertää suljetussa kierrossa cradle to cradle -periaatteella.

Kiertotalouden ajatus voidaan ulottaa kaikille vaatteen elinkaaren vaiheille: materiaaliin, tuotantoon, käyttöön, uudelleenkäyttöön sekä kierrätykseen. Vaate voidaan valmistaa joko täysin biohajoavasta tai täysin kierrätettävästä materiaalista, joka on laadukas ja käyttötarkoitukseensa soveltuva. Lisäksi materiaalin on oltava sellainen, että se on hyödynnettävissä uuden materiaalin raaka-aineeksi elinkaarensa lopussa. Materiaalilla ja suunnittelulla voidaan vaikuttaa myös siihen, miten pitkään vaatetta on mahdollista uusiokäyttää sellaisenaan tai miten helppoa se on korjata tai kustomoida uudelleenkäyttöön. Laadukas vaate säilyy käytössä pidempään, ja myös sen kierrättäminen helpottuu. Tuotteita voidaan myös vaatealalla korvata palveluilla, esimerkkinä tästä vaatelainaamot. Teknologia ja erilaiset innovaatiot ovat myös tärkeitä tekijöitä kiertotalouden toteuttamisessa esimerkiksi tuotannon ja kierrätyksen kohdalla. (Nurmi 2015b, 23–25.)

### 3.3 Tekstiilien kierrätysmenetelmät teollisuudessa

Tekstiilimateriaalien kierrätysmenetelmiä teollisuudessa ovat mekaaninen kierrätys, kemiallinen kierrätys ja terminen kierrätys, eli sulatus. Mekaaninen kierrätys on käytetyin tekstiilimateriaalien kierrätysmenetelmä. Se soveltuu luonnonkuiduille sekä tekokuiduille. Mekaanisessa kierrätyksessä kankaan kudokset rikotaan repimäkoneella, jonka jälkeen kuidut karstataan. Syntyneestä kuidusta valmistetaan erilaisia uusiokuitutuotteita, kuten täytemateriaaleja esimerkiksi patjoihin ja peitteisiin sekä imeytystuotteita teollisuuden käyttöön. Mekaanisessa kierrätyksessä tuotteiden laatu heikkenee jokaisella kierrätyskerralla, sillä kuitujen rakenne kärsii prosessissa. (Aalto ym. 2015, 34.)

Kemiallinen kierrätys soveltuu synteettisistä kuiduista ja selluloosapohjaisista kuiduista valmistettujen tekstiilien hyödyntämiseen. Synteettiset materiaalit palautetaan kemiallisten reaktioiden avulla

alkuperäisiksi lähtöaineiksi, joista voidaan valmistaa kuituja uuden tekstiilin valmistamista varten. Selluloosapohjaisista kuiduista puolestaan liuotetaan kuidut irti toisistaan. Tämän jälkeen ne voidaan käyttää uudelleen tekstiilin valmistukseen. Kemiallisen kierrätyksen etuna on, että raaka-aineet voidaan teoriassa kierrättää uusiksi samanlaisiksi tuotteiksi suljetussa kierrossa. Menetelmässä tarvittavat laitteistot ovat kuitenkin kalliita ja maailmalla onkin vain muutamia kemiallista kierrätystä hyödyntäviä kuidunvalmistajia. Yksi tällainen on japanilainen Teijin Fibers Ltd, joka hyödyntää kemiallisessa prosessissa omia aiemmin tuottamiaan materiaaleja. (Aalto ym. 2015, 35.)

Kemiallista kierrätystä on käytetty pääasiassa polyesterin kierrätykseen (VTT 2015c). Suomessa Valtion teknillinen tutkimuslaitos, VTT, kehittää kemiallisen kierrätyksen tekniikoita, joilla selluloosamateriaali voidaan liuottamalla ottaa talteen tekstiilijätteestä ja hyödyntää uudelleen tekstiileissä. Myös kuluneen kankaan kuidut voidaan tällä menetelmällä palauttaa alkuperäiseen käyttöön kankaiksi. Liuotusmenetelmä soveltuu selluloosamateriaalin talteenottoon sekakuitujätteestä sekä puuvillan talteenottoon. Lisäksi liuotusmenetelmällä voidaan valmistaa liukosellua kierrätyspaperista ja -kartongista käytettäväksi tekstiileissä. (VTT 2015a.)

Terminen kierrätys eli tekstiilien sulatusmenetelmä soveltuu synteettisten kuitujen kierrättämiseen. Kuitu sulatetaan lämmön avulla ja syntyneestä raaka-aineesta voidaan valmistaa erilaisia muovituotteita. Koska kuidut menettävät sulatuksessa tiettyjä ominaisuuksia, ne eivät yleensä sovellu enää uusien tekstiilituotteiden raaka-aineiksi. Lisäksi jo ennestään runsas muovituotteiden tarjonta ja edullisuus luovat haasteensa tälle kierrätysmenetelmälle. Edellä mainittujen lisäksi tekstiilien kompostointi on teoriassa mahdollista, mutta käytännössä tällaiselle mullalle tai lannoitteelle ei ole kysyntää. Kompostoitumista haittaavat lisäksi tekstiilien sisältävät kemikaalit ja öljypohjaisia synteettisiä kuituja sisältävät sekoitemateriaalit hajoavat huonosti. (Aalto ym. 2015, 36–37.)

Tekstiilijätettä hyödynnetään Suomessa enenevässä määrin energiana, jolloin tekstiilit poltetaan ja poltosta vapautuva energia otetaan talteen.

Polttavaksi soveltuvat monenlaiset tekstiilit lukuun ottamatta haitallisia aineita palamisprosessissa muodostavat materiaalit, kuten PVC. (Aalto ym. 2015, 36.) Uudelleenkäyttö sekä kierrätys ovat kuitenkin ympäristön kannalta parempia vaihtoehtoja kuin hyödyntäminen energiana, mikäli niiden avulla voidaan vähentää tekstiilien tuotantoa neitseellisistä raaka-aineista (Ympäristö.fi 2015).

### 3.4 Tekstiilien kierrätyksen haasteet

Suurin osa vaatteista valmistetaan nykyisin kuitusekoituksista (Niinimäki 2013, 18). Yhdistämällä kuituja keskenään parannetaan tekstiilien ominaisuuksia, kuten lujuutta ja kulutuksen kestoa. Luonnonkuituihin lisätään usein synteettistä kuitua käyttö- ja hoito-ominaisuuksien parantamiseksi. Tällä saadaan myös tuotteen hintaa alemmaksi, sillä synteettiset kuidut ovat edullisempia kuin luonnonkuidut. (Vanhatalo 2006.)

Sekoitemateriaalien kierrättäminen on haasteellista, sillä kuitujen erotteleminen ei nyky menetelmillä ole mahdollista. Kaupallisen mittakaavan menetelmät kuitujen tunnistamiseen ja tätä myötä lajitteluun puuttuvat. Sekoitemateriaaleja on mahdollista kierrättää mekaanisesti repimällä, mutta synteettisten kuitujen lujuusominaisuudet vaikeuttavat tätä prosessia. (Fletcher & Tham 2015, 189.) VTT:n kehitteillä oleva liuotusmenetelmä pyrkii vastaamaan sekakuitujen kierrätyksen haasteeseen, mutta kaupalliseen käyttöön menetelmän on arvioitu voitavan ottaa vasta muutaman vuoden päästä (Aalto ym. 2015, 35). Väriaineet, kemikaalit ja viimeistykset, kuten palonestoaineet luovat oman haasteensa kierrätykselle (Farley & Hill 2015, 21).

Neitseelliset kuidut dominoivat markkinoita edullisuutensa vuoksi ja tämä on vaikuttanut kierrätysmateriaalien suosioon. Esimerkiksi Kiinassa kierrätetyn polyesterin tuotanto on kärsinyt alhaisesta öljyn hinnasta. Öljyn hinta on laskenut vuodesta 2014 lähes 60 prosenttia ja tämä on merkinnyt öljypohjaisten kuitujen, kuten neitseellisen polyesterin hinnan laskua. Vuonna 2015 kierrätetyn polyesterin tuotanto väheni Kiinassa 13

prosentilla. (CCFGroup 2016.) Kuitujen kierrätys vaatii investointeja tehtaisiin ja teknologioihin, ja itse kierrätysprosessi onkin mahdollisesti tekijä, joka nostaa kierrätetyn kuidun hinnan neitseellistä kuitua kalliimmaksi. Suhteellisen kalliit investoinnit kierrätysteknologioihin taas edellyttävät tekstiilijätteen lajittelun tehostamista, jotta tarpeeksi suuret ja tasalaatuiset materiaalivirrat saadaan kasaan (SYKE 2015). Mekaanisen kierrätyksen saralla haasteena on materiaalien laadun heikentyminen. Mekaanisen kierrätyksen teknologioita ei ole juurikaan kehitelty ja menetelmät ovat säilyneet useamman sadan vuoden ajan muuttumattomina (Fletcher 2014, 42).

## 4 KIERRÄTYSMATERIAALIT

### 4.1 Kierrätetty kuitu

Vaatteissa käytettävien kuitujen valmistamiseen liittyvät keskeisimmät ympäristövaikutukset liittyvät luonnonvarojen kulutukseen sekä valmistuksessa syntyviin päästöihin ja jätteeseen. Luonnonkuitujen valmistukseen liittyy haitallisia vaikutuksia vesistöihin, esimerkiksi puuvillan kasvatus vaatii runsaasti vettä sekä torjunta-aineita. Synteettisten- ja selluloosakuitujen valmistuksessa syntyy päästöjä sekä ilmaan että vesistöihin. Synteettisten kuitujen valmistus vaatii lisäksi runsaasti energiaa sekä uusiutumattomia luonnonvaroja. (Fletcher 2014, 11.) Perinteisille kuiduille on pyritty kehittämään ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja, kuten luomupuuvilla, selluloosakuitu lyocell sekä uusiutuvista luonnonvaroista valmistettu biohajoava synteettinen kuitu polylaktidi (PLA) (Fletcher 2014, 26,36,38).

Neitseellisiin kuituihin verrattuna kierrätetyn kuidun etuna ovat pienemmät ympäristövaikutukset, sillä sen valmistuksessa käytetään vähemmän energiaa sekä kemikaaleja. Kierrätyksessä tekstiilit voidaan lajitella värin mukaan, ja tästä syystä kuituja ei monesti tarvitse värjätä uudelleen. (Fletcher 2014, 41–42.) Lisäksi säästetään tietenkin viljelymaata sekä raaka-aineita, joita tarvittaisiin uuden kuidun valmistamiseen. Lopulta kierrätetty kuitu vähentää myös kaatopaikkajätteen määrää. Kierrätetyn kuidun haasteena voidaan ajatella olevan vähintään yhtä hyvien laatuominaisuuksien saavuttaminen kuin neitseellisillä kuiduilla. Kierrätyskuidun käyttö materiaalina ei saa heikentää vaatteen kestävyyttä (Motivan hankintapalvelu 2016).

Tällä hetkellä yleisimpiä kierrätyskuituja ovat kierrätetty polyesteri sekä puuvilla. Raaka-aineena puuvillaa ja polyesteriä on runsaasti, sillä ne ovat kaksi eniten valmistettua tekstiilikuitua. Kierrätettyjä kuituja valmistetaan suurimmaksi osaksi teollisuuden jätteestä, mutta myös kotitalouksien jätteen kierrättämistä ollaan tehostamassa. (Nurmi 2015b, 25.) Kierrätetyille langoille ja kuiduille on kysyntää, ja niistä valmistettujen

tuotteiden määrä on kasvussa. Toistaiseksi kuitenkin kierrätysmateriaaleja on hyödynnetty vaatetusalaalla suppeasti, pääasiassa esimerkiksi ulkoiluvaatteissa. Niissä teknologiset innovaatiot liittyvät kierrätettyihin materiaaleihin ja tuotteiden kierrätettävyyteen. (Fletcher 2014, 122.) Ulkoiluvaatteissa käytetään kuituominaisuuksien vuoksi erityisesti synteettisiä kuituja, kuten polyesteriä. Seuraavassa käsitellään tarkemmin kahden yleisimmän kierrätyskuidun lisäksi sellaisia jo olemassa olevia sekä kehitteillä olevia kierrätettyjä kuituja, jotka ovat toimeksiantajan kannalta relevantteja.

#### 4.1.1 Mekaanisesti kierrätetty puuvilla

Puuvillaa on kierrätetty toistaiseksi mekaanisin menetelmin repimällä (Nousiainen 2015). Puuvillan kierrättäminen on haasteellista, sillä prosessissa kuidut hajoavat, jolloin kuitupituudet lyhenevät. Lopputuloksena on laadultaan heikompi lanka. Käytettäessä raaka-aineena teollisuuden tekstiilijätettä, joka ei ole kulunut käytössä, kierrätetyn kuidun laatu on korkeampi. Usein mekaanisesti kierrätetyn kuidun kanssa sekoitetaan kuitenkin jotakin neitseellistä kuitua. (Fletcher 2014, 122.) Esimerkiksi Guatemalassa tekstiilikonserni Iris Textiles on suunnitellut The New Denim Project -nimeä kantavan tuoteryhmän. Se sisältää lankoja, kankaita sekä vaatteita, jotka on valmistettu yhdistämällä teollisuuden deminijätettä sekä neitseellistä puuvillaa. Konsernin mukaan valmistuksessa ei ole käytetty kemikaaleja eikä väriaineita, ja siinä säästetään 20 000 litraa vettä kierrätettyä materiaalikiloa kohden. (The New Denim Project 2015.)

Suomesta löytyy yritys, joka valmistaa 100 prosenttisesti kierrätettyjä lankoja ja kankaita. Vuonna 2013 perustettu suomalainen Pure Waste Textiles käyttää raaka-aineena teollisuuden leikkuujätettä ja pääasiassa jersey-jätettä, josta valmistetaan kierrätettyä puuvillaa. Kierrätysprosessi on mekaaninen. Aluksi tekstiilijäte avataan takaisin kuitutasolle ja karstataan. Sitten se kehrätään langaksi ja neulotaan tai kudotaan kankaaksi. Koska tekstiilijäte lajitellaan värin mukaan, prosessi ei vaadi

värjäystä. Tärkeintä prosessissa on pitää kuitupituus mahdollisimman pitkänä, jotta langasta tulee mahdollisimman laadukasta. Tähän voidaan vaikuttaa muun muassa oikeanlaisella yhdistelmällä kierrätettyjä kuituja. (Morgan 2014.) Yritys valmistaa oman merkin vaatteita, joista on esimerkkejä kuvassa 1 (Euralex 2016). Aikaisemmin yritys on myös myynyt kankaitaan muille vaatevalmistajille, mutta tällä hetkellä keskittyy pääasiassa tuotteiden valmistamiseen. Esimerkiksi t-paita, joka sisältää 85 prosenttia kierrätettyä puuvillaa ja 15 prosenttia kierrätettyä polyesteriä, säästää 2700 litraa vettä (Pure Waste 2016).



KUVA 1. Pure Waste:n kierrätetystä puuvillasta valmistettuja tuotteita (Euralex 2016)

#### 4.1.2 Villa

Villan kierrätyksellä on pitkä historia, sillä se on ensimmäinen tekstiilimateriaali, jota on kierrätetty (Farley & Hill 2015, 22). Esimerkiksi Italiassa vuonna 1878 perustettu villaa kierrättävä yritys, Calamai, on edelleen toiminnassa. Calamai kierrättää vanhoista vaatteista ja teollisuudenjätteestä villaa mekaanisesti. Muun muassa pitkänlinjan ulkoiluvaatevalmistaja Patagonia käyttää tuotteissaan Calamain

valmistamaa villaa. Ainakin Patagonian tuotteissa käytettyyn villaan on lisätty lujuuden parantamiseksi polyesteriä sekä polyamidia. (Noe 2014.)

Villa poikkeaa muista luonnonkuiduista siten, että siitä saadaan kehrättyä uutta lankaa sellaisenaan ilman repimisvaihetta (Tutka 2015). Kuitenkin lähes kaikkiin verkon kautta löytyviin kierrätettyihin villamateriaaleihin on lisätty neitseellisiä kuituja. 100 prosenttisesti kierrätetyistä kuiduista valmistettua villaa on vaikeampi löytää. Nurmen (2015) viimeisimmän malliston villatuotteet on täysin kierrätetyistä kuiduista valmistettuja. Ne sisältävät 70 prosenttia kierrätettyä villaa, 25 prosenttia kierrätettyä polyamidia sekä viisi prosenttia muita kierrätettyjä kuituja. Lanka on valmistettu Ranskassa neulejätteestä. Suomessa kotitalouksien villatuotteista kierrätetään parhaillaan materiaalia teollisuuden tarpeisiin sekä käsityökäyttöön Dafecor Oy:n toimesta yhteistyössä Taitoyhdistyksen kanssa (Tekstiili 2.0 2016).

#### 4.1.3 Polyesteri

Kierrätetty polyesteri on merkittävä kierrätetty kuitu. Sen valmistus vaatii noin 80 prosenttia vähemmän energiaa kuin neitseellisen polyesterin valmistus öljystä. Kierrätettyä polyesteriä valmistetaan pääasiassa virvoitusjuomapulloista sekä käytetyistä polyesteritekstiileistä. (Fletcher 2014, 43.) Se soveltuu materiaaliksi monenlaisiin tuotteisiin, esimerkkeinä niistä t-paidat, urheiluvaatteet, sukat ja reput (Voncina 2015, 35).

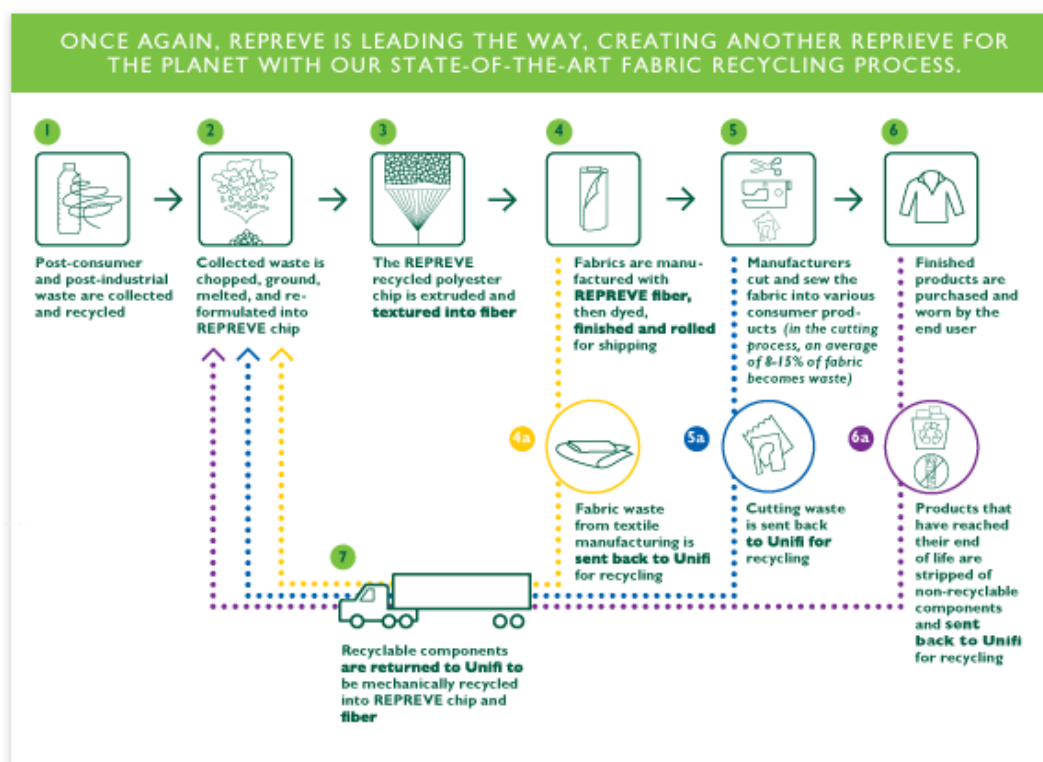
Kierrätetyn polyesterin raaka-aineena voidaan käyttää PET-pulloja, eli polyeteenitereftalaatista valmistettuja juomapulloja (Voncina 2015, 21). Pullot pilkotaan, jauhetaan ja sulatetaan polyesterilastuiksi, joista voidaan valmistaa polyesteriä neitseellisen kuidun tapaan (Fletcher 2014, 122). Suomessa PET-pulloista tehdään uusia pulloaihioita panimoteollisuudelle ja muovituotteiden raaka-ainetta. 70–80 prosenttia kierrätys-PET:stä menee vientiin muun muassa tekstiiliteollisuuden raaka-aineeksi. PET-pullo on ainoa juomapakkaus, jonka kierrätys tapahtuu kokonaan Suomessa. (Suomen Uusiomuovi Oy 2016.) Vuonna 2014 Euroopassa kierrätettiin 50 prosenttia PET-pulloista. 25 prosenttia kierrätys-PET:stä



menee Euroopassa kuitutuotantoon. (Ecotextile News 2016, 18.) Vuonna 2012 kierrätys-PET:n osuus oli kymmenen prosenttia maailmanlaajuisesta polyesterin tuotannosta (Fletcher & Tham 2015, 225).

PET-pulloista kierrätettyä polyesteriä on ollut nähtävissä monien vaatevalmistajien tuotteissa jo useiden vuosien ajan. Esimerkiksi maailman suurin polyesterin kierrättäjä, yhdysvaltalainen The Wellman Inc, on kehittänyt Eco-fi-nimisen kierrätyskuidun, joka valmistetaan PET-pulloista. Siitä valmistetaan enimmäkseen esimerkiksi takkeja, housuja ja asusteita. (Eartheasy 2014.) Muita suuria PET-pulloista kierrätyspolyesteriä valmistavia yrityksiä ovat korealainen Hyosung, intialainen Polygenta ja yhdysvaltalainen Unifi (Ecotextile News 2015a). Esimerkiksi Polygentan tuotantokapasiteetti on 10 000 tonnia lankaa vuodessa (Polygenta Technologies Limited 2013).

Unifi valmistaa kierrätettyä kuitua nimeltä REPREEVE. Kuidun raaka-aineena käytetään teollisuuden ja kotitalouksien PET-pullojätettä. Yritys tarjoaa REPREEVE-kuitua maailmanlaajuisesti, myös Eurooppaan. Monet tunnetut merkit käyttävät kuitua tuotteissaan. Joitakin esimerkkejä ovat Adidas, Patagonia ja Timberland. (Repreve 2016.) Repreve recycling center kierrättää myös kankaita ja vaatteita. Yritys on kehittänyt seuraavan sivun kuviossa 3 esitetyn prosessin, jossa REPREEVE-kuitu palautuu kuidunvalmistuksessa syntyvän jätteen, vaateen valmistuksessa syntyvän leikkuujätteen sekä poistotekstiilien muodossa takaisin yrityksen käyttöön uuden kuidun raaka-aineeksi. (Unifi, Inc. 2013.)



KUVIO 3. Kierrätysprosessi REPAREVE-kuidun valmistusta varten (Unifi, Inc. 2013)

Vaikka pulloista kierrätetty polyesteri pidentää jonkin verran pakkauksen käyttöikä, on sen käyttö kankaissa ja vaatteissa herättänyt useitakin kysymyksiä. On muun muassa kyseenalaistettu, soveltuuko muovipullot koostumukseltaan käytettäväksi vaatetuksessa. Muovipullot sisältävät usein antimonia, eli karsinogeenia, joka ei sovellu jatkuvaan käyttöön iholla. (Fletcher 2014, 124.) Lisäksi tutkimusten mukaan synteettisistä kuiduista vapautuu pesukoneessa pienen pieniä muovikuituja, joita varten suurimmassa osassa pesukoneita ja jätevedenpuhdistamoita ei ole suodattimia, vaan ne päätyvät ennen pitkää mereen. Erityisesti fleec-kankaat, joita valmistetaan yleisesti muovipulloista, päästävät paljon näitä kuituja. (Alberts 2014.)

Kierrätettyä polyesteriä valmistetaan myös kemiallisin menetelmin tekstiilijätteestä. Polyesteripolymeerit hajotetaan kemiallisesti, minkä jälkeen niistä voidaan valmistaa kierrätettyä materiaalia, joka on puhtaampaa ja tasalaatuisempaa kuin mekaanisesti kierrätetty kuitu.

Menetelmä kuluttaa mekaaniseen prosessiin verrattuna enemmän energiaa. (Fletcher 2014, 43.)

Japanilainen Teijin Fibers Ltd on kehittänyt ECO CIRCLE -nimisen suljetun kierron kierrätysprosessin polyesterille. Yritys on valmistanut 100 prosenttisesti kierrätettyä polyesteriä vuodesta 2002. Raaka-aineeksi soveltuvat 100 prosenttiset tai pääasiassa polyesteriä sisältävät polyesterimateriaalit. Käytetyistä vaatteista hajotetaan polyesteri kemiallisesti molekyylitasolle, josta voidaan valmistaa uutta polyesterikuitua, joka vastaa puhtaudeltaan ja laadultaan alkuperäistä öljystä valmistettua kuitua. Valmistuskustannukset ovat 10–20 prosenttia suuremmat kuin neitseellisellä kuidulla johtuen korkeammista tuotantokustannuksista sekä investoinneista teknologiaan ja koneisiin. Neitseellisen kuidun valmistukseen verrattuna se säästää kuitenkin 84 prosenttia energiaa ja 77 prosenttia hiilidioksidipäästöjä. (Dahlbo, Elander, Gíslason, Kiorboe, Lyng, Moliis, Palm, Rydberg, Salmenperä, Tekie, Valente & Watson 2014, 135.)

Teijinillä on 150 jäsentä, joista osa on vaatealalla ja osa muiden alojen yrityksiä. Muun muassa ulkoiluvaatemerkit Patagonia, Houdini ja Haglöfs ovat yrityksen partnereita. Ne ottavat vastaan oman merkin käytetyt polyesterivaatteet liikkeissään, joista ne lähetetään Teijinille kierrätettäväksi uudeksi kuiduksi. (Dahlbo ym. 2014, 95.) Patagonialla on myös oma suljetun kierron kierrätysprosessi polyesterille. Yritys kierrättää virvoitusjuomapulloja, teollisuuden tekstiilijätettä sekä käytettyjä 100 prosentin polyesteristä valmistettuja vaatteita polyesterikuiduiksi tuotteisiinsa. Patagonia käyttää kierrätettyä polyesteriä useissa tuotteissaan, muun muassa fleece-vaatteissa, takeissa, repuissa ja märkäpuvuissa. (Patagonia 2016.)

Myös englantilainen Worn Again kehittää kierrätysteknologiaa polyesterin erotteluun tekstiili- ja vaatealalle. Se perustuu suljetun kierron liuotusprosessiin, jossa kierrätetään käytettyjä polyesteri- ja puuvillatekstiilejä, jotka voivat sisältää myös muita kuituja. Kierrätetystä polyesteristä voidaan valmistaa uusia vaatteita. Worn Again on testannut

teknologiaa yhteistyössä H&M:n ja Kering-yrityksen merkin, Puman, kanssa. (Ecotextile News 2015b.)

#### 4.1.4 Polyamidi

Polyamidi on polyesterin tavoin kierrätettävissä tekniikoilla, jotka hajottavat polymeerit kemiallisesti. Polyamidin kierrätys on kuitenkin ollut vaikeampaa, sillä sen uudelleenpolymerisointi prosessina on haastavampi. (Fletcher 2014, 124.) Kierrätettyä polyamidia valmistetaan muun muassa lanka- ja tekstiilijätteestä, teollisuuden muovijätteestä sekä kalaverkoista. Kalaverkot valmistetaan synteettisistä materiaaleista, jotka hajoavat meressä hitaasti aiheuttaen vaaran mereneläville (Ecoalf 2016). Myös kierrätetyn polyamidin valmistuksen on arvioitu käyttävän 80 prosenttia vähemmän energiaa kuin neitseellisen kuidun valmistus (Fletcher 2014, 124).

Italialainen synteettisten kuitujen valmistaja Aquafil Group on kehittänyt Econyl-brändin, joka valmistaa kierrätettyä polyamidia. Raaka-aineena käytetään teollisuuden muovi-, lanka- ja tekstiilijätettä sekä kalaverkkoja. Jätettä kerätään maailmanlaajuisesti, tällä hetkellä muun muassa Yhdysvalloista, Egyptistä, Norjasta sekä Turkista, ja se lähetetään käsiteltäväksi Sloveniaan. Siellä se puhdistetaan ja prosessiin soveltumattomat materiaalit poistetaan, minkä jälkeen polymeerit hajotetaan ja polymeroidaan uudelleen. Econyl-lanka vastaa laadultaan neitseellistä polyamidia, ja siitä valmistetaan materiaalia tekstiili-, urheilu- ja uimavaatevalmistajille. Lisäksi siitä valmistetaan kokolattiamattoja. (Aquafil S.p.A. 2016.)

Econyl-materiaalia ovat käyttäneet tuotteissaan useat valmistajat, kuten Adidas, Asics, Triumph ja Speedo. Esimerkiksi uimavaatevalmistaja Speedon kanssa yritys on kehittänyt yhteistyössä suljetun kierron valmistusprosessin. Siinä Speedon valmistuksessa syntyvästä ylijäämämateriaalista kierrätetään Speedolle uutta PowerFlex Eco -nimistä kangasta, joka sisältää 78 prosenttia Econyl-polyamidia. Kangas on kierrätettävissä uudelleen ja uudelleen. (Ecotextile News 2015c, 15.)

Kalaverkoista valmistettua materiaalia käyttävät tuotteissaan muun muassa espanjalainen vaatemerkki Ecoalf (Ecoalf 2016). Adidas esitteli vuoden 2015 loppupuolella jalkineen (kuva 2), joka on valmistettu merestä kerätystä muovijätteestä. Kenkä on syntynyt yhteistyössä Parley for the Oceans -nimisen organisaation kanssa, jonka hankkeiden tavoitteena on vähentää muovijätteen määrää merissä. Kengän päällinen on valmistettu merestä kerätystä muovijätteestä ja pohja 3D-printattu kierrätetystä polyamidista ja kalaverkoista. (Adidas 2015.) Myös hollantilainen vaatemerkki G-Star RAW tekee yhteistyötä organisaation kanssa. Espanjassa on kehitetty biohajoavia kalaverkkoja sekä seurantajärjestelmä, jonka avulla kalaverkot voidaan jäljittää merestä. (Ecotextile News 2015d.)



KUVA 2. Merestä kerätystä muovijätteestä valmistettu kenkä (Adidas 2015)

#### 4.1.5 Kehitteillä olevat kemiallisesti kierrätetyt selluloosapohjaiset kuidut

Useammat tahot kehittävät parhaillaan kemiallisia liuotusmenetelmiä selluloosapohjaisten kuitujen kierrätykseen. Selluloosapohjaisiin kuituihin kuuluvat luonnon kasvikuidut, kuten puuvilla sekä selluloosamuuntokuidut, viskoosi, modaali, kupro ja lyocell (Boncamper 2011, 15). Selluloosamuuntokuitujen tuotanto on kasvussa (Fletcher & Tham 2015, 224).

Selluloosakuitujen etuna on biohajoavuus ja valmistus uusiutuvista luonnonvaroista (Fletcher & Grose 2012, 14–17). Kehitteillä olevat liuotusmenetelmät eroavat toisistaan sillä, että niissä käytetään erilaisia liuottimia.

Erytisesti puuvillan kierrättämiseen kehitellään uudenlaisia menetelmiä, joiden avulla pyritään saamaan aikaan kuituja, joiden laatu on yhtä hyvä tai parempi kuin alkuperäisellä kuidulla. Ruotsissa on kehitetty Re:newcell-niminen kierrätetty selluloosakuitu. Menetelmällä kierrätetään selluloosapohjaisista kuiduista liukosellun kaltaista raaka-ainetta. Raaka-aineena käytetään esimerkiksi puuvillaa tai puuvillaa sisältäviä sekoitteita. Käytetyt tekstiilit revitään ensin mekaanisesti ja liuotetaan, jotta vetoketjut, napit ja muut kuin selluloosapohjaiset kuidut saadaan eroteltua. Jäljelle jääneestä selluloosasta valmistetaan liukosellua. Kuiduntuottajat voivat valmistaa siitä edelleen esimerkiksi viskoosia tai lyocellia. (Norlin 2014.) Vuonna 2014 esiteltiin ensimmäinen menetelmän avulla kierrätetystä puuvillasta valmistettu vaate. Siitä lähtien Ruotsissa on valmisteltu menetelmälle pilottitehdasta, jonka tarkoituksena on käsitellä 2000 tonnia materiaalia vuodessa. (The Guardian 2014.)

Suomessa aiemmin mainittu VTT:n kehittämä kemiallisen kierrätyksen menetelmä perustuu myös selluloosamateriaalin erotteluun. Menetelmässä puuvillajäte puhdistetaan ja selluloosamateriaali muunnetaan ominaisuuksiltaan sopivaksi. Materiaali liuotetaan emäksisessä liuoksessa karbamaattimenetelmällä. Liuoksesta valmistetaan viskoosin kaltaista kuitua. Verrattuna Re:newcell-menetelmään, VTT:n menetelmä pystyy valmistamaan kuluneista puuvillatekstiileistä suoraan kuitua. (VTT 2015c.) Kuluneetkin kuidut voidaan hyödyntää ja lopputuloksena on kangas, joka vastaa laadultaan alkuperäistä tai on vielä parempi (Sarasalo 2015).

Tätä VTT:n uutta tuotantotapaa, jossa kulutukseen enää soveltumattomista käytetyistä puuvillatekstiileistä voidaan liuotusmenetelmän avulla valmistaa uutta kuitua tekstiiliteollisuuteen, kokeillaan parhaillaan Tekstiilien kiertotalous-hankkeessa (TEKI), jossa on

mukana joukko suomalaisia yrityksiä. Puuvillasta valmistetaan selluloosakuitua samoilla menetelmillä ja laitteilla, kuin viskoosikuituja on valmistettu tähänkin asti, mutta menetelmä on viskoosin valmistusta ympäristöystävällisempi, koska liuotus ei vaadi rikkihiiltä. Menetelmällä voidaan neitseelliseen puuvillaan verrattuna säästää yli 70 prosenttia vesijalanjäljessä ja 40–50 prosenttia hiilijalanjäljessä. (VTT 2015b.) Menetelmä on myös hinnaltaan kilpailukykyinen, sillä tavallisen viskoosin valmistukseen verrattuna siinä säästetään 30 prosenttia kuluissa, sillä raaka-aine on kierrätettyä (VTT 2015c). Hankkeen tuloksena syntyy kierrätyskuidusta valmistettu Seppälän suunnittelema mallisto vuoden 2016 loppupuolella (VTT 2015b).

Aalto yliopisto, Helsingin yliopisto ja VTT ovat yhteistyössä kehittäneet puuvillan kemialliseen kierrättämiseen Ioncell-F-menetelmän. Se on ympäristöystävällinen ja myrkytön menetelmä, jonka avulla puuvillajäte voidaan liuottaa Helsingin yliopiston kehittämää ionista liuotinta hyödyntäen. Liuoksesta valmistetaan märkäkehrumenetelmällä uutta tekstiilikuitua, joka vastaa ominaisuuksiltaan puuvillaa. VTT on vastannut puuvillajätteen esikäsittelyssä käytetyn menetelmän kehittämisestä. Ioncell-F voitti helmikuussa 2016 H&M Conscious-säätiön järjestämän Global Change Award -kilpailun, jossa etsittiin uusia tekstiiliteollisuuden kestävä kehityksen mahdollistavia ideoita. (Aalto-yliopisto 2016.) Myös englantilainen Worn Again kehittää liuotukseen perustuvaa menetelmää. Yrityksen aiemmin mainittu liuotusmenetelmä polyesterin erotteluun soveltuu myös selluloosan erotteluun puuvilla- ja sekoitevaatteista. (Ecotextile News 2015b.)

#### 4.1.6 Ruokajätteestä valmistetut kuidut

Tekstiilikuitujen valmistuksessa kokeillaan myös käyttää raaka-aineena ruokateollisuuden sivuvirtoja. Esimerkiksi hedelmiä, kahvia, riisiä, soijaa, maissia, viiniä ja olutta on testattu raaka-aineeksi tekstiileille. Innovaatioita on ollut nähtävillä muun muassa Milanossa vuonna 2015 järjestetyssä Textifood -näyttelyssä. (Lille 3000 2015.) Ruoka- ja hedelmäätteestä sekä

kalannahasta valmistetaan laukkuja. Esimerkiksi Hollannissa suunnittelijaopiskelijat ovat kehittäneet nahkaa muistuttavan Fruitleather Rotterdam -nimisen materiaalin, joka on valmistettu myyntiin kelpaamattomista hedelmistä ja vihanneksista, jotka kauppiaat heittäisivät muutoin pois (Fruitleather Rotterdam 2016). Suomalainen merkki Lovia puolestaan käyttää laukuissaan mateen nahkaa (Lovia 2016).

Italiassa perustettiin vuonna 2014 startupyritys, joka hyödyntää sitrusmehujen valmistuksessa syntyviä sivutuotteita tekstiilien raaka-aineena. Orange fiber valmistetaan erottelemalla selluloosa kuiduista, jotka päätyvät teollisuudessa jätteeksi appelsiinin prosessoinnissa. Kuituun lisätään sitrushedelmän eteeristä öljyä, jolloin tekstiilillä on ihoa kosteuttava vaikutus. Se valmistetaan Sisiliassa, jossa sitrushedelmiin liittyvässä tuotannossa syntyy lähes 700 tonnia tuotantojätettä. Kuidun mahdollisia käyttökohteita ovat vaatteet, kosmeettiset tekstiilit ja kodintekstiilit. Orange fiber on voittanut useampia palkintoja. Viimeisimmäksi se sijoittui neljänneksi H&M:n Consious Foundation:n järjestämässä Global Change Award -innovaatiokilpailussa. (Orange Fiber 2016.)

Saksalainen Qmilk GmbH on kehittänyt maidosta Qmilk -nimeä kantavan kuidun. Raaka-aineena on kaseiini, joka on valmistettu raakamaitojätteestä, joka ei sovellu ruokatuotantoon. Yrityksen mukaan pelkästään Saksassa hävitetään vuodessa 1,9 miljoonaa tonnia tällaista maitoa. Yritys kehittää logistiikkajärjestelmää tämän jätteen keräykseen. (Qmilk 2016a.) Qmilk on proteiinikuitu, joka muistuttaa tunnultaan silkkiä. Se on biohajoava ja luonnostaan antibakteerinen. Lisäksi se imee itseensä kosteutta ja sisältää luonnostaan UV-suojan. Se soveltuu käytettäväksi vaatetuksessa, kodin tekstiileissä ja teknisissä tekstiileissä. (Qmilk 2016b.)

Taiwanilainen Singtex valmistaa Scafe-merkin alla lankoja ja kankaita, joiden raaka-aineena käytetään kahvijätettä. Scafe sisältää erilaisia lankoja ja teknologioita, joissa hyödynnetään käytettyjä kahvinporoja. Lankaa valmistetaan esimerkiksi kahvinporoista ja kierrätetyistä virvoitusjuomapulloista. Yhdistämällä sellua ja kahvinporoja yritys on



kehittänyt biohajoavan kuidun. Kahvi raaka-aineena tekee materiaalista UV-valon kestävän, hengittävän ja nopeasti kuivuvan, ja lisäksi se imee itseensä hajuja iholta. Ominaisuuksiltaan se soveltuukin muun muassa ulkoilu- ja urheiluvaatteisiin. Useat vaatemerkit, kuten ruotsalainen retkeilyvarustevalmistaja Fjällräven sekä yhdysvaltalainen jalkinevalmistaja New Balance ovat käyttäneet materiaalia tuotteissaan. (Singtex Industrial Co., Ltd 2015.)

Myös espanjalainen vaatemerkki Ecoalf on käyttänyt tuotteissaan kahvijätteestä valmistettua materiaalia. Käytetyistä kahvinporoista prosessoidaan jauhetta, josta voidaan valmistaa lankaa sekoittamalla sitä kierrätettyyn polyesteriin. Materiaali on ominaisuuksiltaan kevyttä, joustavaa ja vettähylkivää, ja se kestää UV-valoa. (Ecoalf 2016.) Kuvassa 3 on esimerkki tuotteesta, jonka valmistuksessa on käytetty kahvia raaka-aineena. Pääasiassa ruokajätteen hyödyntäminen tekstiilikuitujen raaka-aineena on kuitenkin kehitysasteella tai sitä toteutetaan pienehkössä mittakaavassa.



KUVA 3. Kierrätettyjä kahvinporoja hyödyntävä materiaali (Ecoalf 2015)

## 4.2 Kierrätettyjen kuitujen saatavuus

Erillisiä tilastoja siitä, kuinka suuri osa maailmassa tuotetuista kuiduista on kierrätettyjä, on vaikeasti löydettävissä. Kierrätettyjä kuituja ei pääsääntöisesti erotella neitseellisistä kuiduista, eli esimerkiksi kierrätetty puuvilla katsotaan puuvillaksi. Sen sijaan yritykset ja vaateen valmistajat luonnollisesti tuovat esille, jos materiaali on kierrätetystä raaka-aineesta peräisin.

Kierrätettyä polyesteriä, varsinkin PET-pulloista valmistettua, voidaan todeta olevan markkinoilla saatavilla. Joidenkin tilastojen mukaan yli puolet polyesterikatkokuiduista Euroopassa olisi valmistettu kierrätetyistä materiaaleista (Fletcher 2014, 43). Esimerkiksi polyesteritekstiilejä kierrättävän Teijinin tuotantokapasiteetti on 19 000 tonnia vuodessa. Mekaanisesti pullojätteestä polyesteriä valmistavien yritysten tuotantomäärät vaikuttaisivat olevan kasvussa. PET-pulloja kierrättävän Unifin Repreve Recycling center on nostanut tuotantokapasiteettiaan noin 13 600 tonniin lankaa vuodessa. Myös PET-pulloja kierrättävän Polygentan mukaan kuitujen kysyntä ylittää reilusti tarjonnan, ja yrityksen tarkoituksena onkin tuplata tuotantokapasiteettinsa. Kysyntää on varsinkin 100 prosenttisesti kierrätetylle polyesterilangalle. (Ecotextile News 2015a.)

Myös kierrätettyä polyamidia voidaan todeta olevan saatavilla. Raaka-ainetta kierrätettyihin synteettisiin kuituihin on hyvin saatavilla, sillä 60 prosenttia maailman tekstiilituotannosta on synteettisiä kuituja (Aalto 2014). Lisäksi niistä saadaan laadultaan neitseellisen kuidun kaltaisia. Kalliin teknologian ja investointien vuoksi varsinkin kemiallisesti kierrätetyn polyesterin valmistajia on maailmalla kuitenkin vain muutamia. Suurimmat kierrätetyn polyesterin valmistajat sijaitsevat Japanissa, Koreassa, Intiassa ja USA:ssa. Kierrätys useimmiten tapahtunee siellä missä kuitujen tuotanto muutenkin sijaitsee. Materiaalin hankintapaikka taas vaikuttaa yrityksen logistiikkapuoleen.

Kierrätettyä puuvillaa ja villaa sekä esimerkiksi akryyliä ja viskoosia on rajallisemmin saatavilla vaatetuskäyttöön. Useimmiten ne ovat sekoitteita

kierrätetystä materiaalista ja neitseellisestä materiaalista. (Modint 2010.) Ylipäättään kierrätettyjä tekstiilimateriaaleja vaikuttaa tällä hetkellä olevan saatavilla enemmän esimerkiksi auto- tai sisustusteollisuuden käyttöön. Jättemäärien puolesta raaka-ainetta kierrätettyjen tekstiilien valmistukseen voidaan kuitenkin ajatella olevan paljonkin. Kierrätettyä puuvillaa ja muita selluloosapohjaisia kuituja voidaan tulevaisuudessa odottaa olevan markkinoilla enemmän, kunhan selluloosapohjaisten kuitujen liuotusmenetelmät kehittyvät kaupalliseen käyttöön asti.

Tilausmäärät voivat vaikuttaa kierrätettyjen tekstiilimateriaalien saatavuuteen. Nurmi-merkin kokoisen yrityksen kohdalla on kyse kankaiden hankinnasta pakkatavarana, mutta kovin suurista tilausmääristä ei kuitenkaan ole kyse. On otettava huomioon, että pieniä määriä on todennäköisesti saatavilla vähemmän, sillä yritykset toimittavat pääsääntöisesti isompia eriä kankaita. Mikäli Nurmi siirtyisi valmistamaan tuotteet pääasiassa tai ainoastaan kierrätysmateriaaleista, olisi kokonaista mallistoa varten todennäköisesti kerättävä useampiakin kankaanvalmistajia. Tiettyyn tuoteryhmään keskittyminen sen sijaan ei vaatisi välttämättä kuin yhden hyvän kierrätysmateriaalin etsimisen.

Tiedossa ei ole vielä sitä, minkä tyyppisiä tuotteita Nurmi valmistaisi kierrätysmateriaaleista, mutta myös sillä on vaikutusta saatavuuteen. Kierrätysmateriaaleista valmistetaan tällä hetkellä etenkin ulkoilu- ja urheiluvaatteita. Nurmen aikaisemmin käyttämien materiaalien, puuvillan ja hampun, kaltaisia kierrätettyjä kuituja on vähemmän saatavilla. Toisaalta suuret kierrätyskuidun valmistajat, kuten luvussa esitellyt polyesterin valmistajat, löytyvät verkon välityksellä helposti, mutta pienempiä valmistajia, kuten esimerkiksi eurooppalaisia villan valmistajia, on haastavampaa löytää pelkästään internetistä. Tekstiiliperäisistä raaka-aineista valmistettujen kuitujen kohdalla teollisuuden jätteestä valmistetut kuidut ovat toistaiseksi Nurmen kannalta realistisimpia, sillä kotitalouksien jätteen kierrättäminen käytettäväksi vaatteissa on vielä kehitysvaiheessa.

## 5 SUUNNITTELU KIERRÄTYKSEN EHDON

### 5.1 Suunnitteluprosessin vaikutukset kierrätykseen

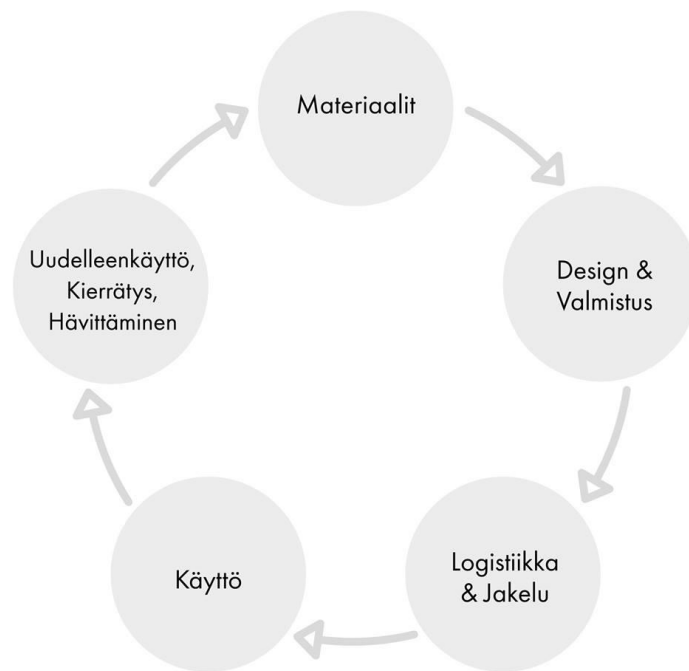
”Meillä ei ole jäteongelmaa, meillä on design-ongelma”, toteavat cradle to cradle -konseptista tunnetut Braungart ja McDonough (suomennos kirjoittajan). He toteavat, että mikäli ihmiset suunnittelisivat asioita järkevämmiin alusta alkaen, käsitteitä kuten jäte ja päästöt ei tarvitsisi edes miettiä. Hyvä design edesauttaa hyvinvointia ja mahdollistaa tuotteen käytön uudelleen ja uudelleen. (Braungart & McDonough 2013, 7.)

Vaatteiden suunnittelu alkaa useimmiten materiaaleista ja perustuu materiaaleihin. On siis siinä mielessä loogista, että kestävän kehityksen mukaisessa suunnittelussa hyödynnetään kierrätysmateriaaleja. Mikäli kuitenkin halutaan toimia kokonaisvaltaisesti ympäristöystävällisesti, on tuote myös suunniteltava niin, että se voidaan kierrättää, ja huomioitava sen elinkaari myös sen jälkeen, kun tuote on laitettu myyntiin. (Chick & Micklethwaite 2011, 105.) Suunnittelu tulee siis nähdä koko tuotteen elinkaaren suunnitteluna huomioiden eri osa-alueiden keskinäisriippuvuudet ja syy-seuraussuhteet (Nurmi 2015b).

Kierrätyksen huomioivassa suunnittelussa ”jäte” mielletään hyödylliseksi, välttämättömäksi ja arvokkaaksi (Fletcher 2014,133). Cradle to cradle -malli laajentaa suunnittelun käsitettä niin, että tuotteelle mahdollistetaan useampi elinkaari, joten esimerkiksi sitä voi hyödyntää suunnitteluprosessissa. Tuotteiden suunnittelussa pyritään tällöin siihen, että tuote tai materiaali palvelisi useammassa kierrossa ja tuotteet suunnitellaan soveltuviksi biologiseen tai tekniseen kiertoon, kuten luvussa 3.2.1 esiteltiin.

Tuotteen kierrätettävyyteen voidaan vaikuttaa useassa kohtaa tuotteen elinkaaren aikana. Hahmottamisen apuna voidaan käyttää seuraavan sivun kuviota 4, joka kuvastaa vaatteiden elinkaaren eri vaiheita. Erityisesti materiaalien valinnalla sekä designilla ja valmistustavoilla voidaan vaikuttaa tuotteen kierrätettävyyteen. Vaatteen käytön aikaisilla toimilla on

vaikutusta tuotteen kuntoon ja kestävyys. Lopulta suunnittelussa huomioidaan vaatteiden elinkaaren loppupää kehittämissä ratkaisuja uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen liittyen, esimerkiksi siis vaatteiden kierrätys uuden materiaalin raaka-aineeksi. Mikäli on sellaista materiaalia, joka ei sovellu edellä mainittuihin tarkoituksiin, on kehitettävä suunnitelma sen hävittämiseen.



KUVIO 4. Vaatteiden elinkaari (mukaan Loker, S. 2008, 98)

## 5.2 Materiaalien valinta

Käytännössä materiaalien kannalta on kaksi vaihtoehtoista tapaa suunnitella vaate niin, että se on kierrätettävissä. Se voidaan valmistaa kokonaan yhdestä materiaalista, jolloin myös vetoketjut, napit ja muut tarvikkeet on valmistettu samasta materiaalista. Tällöin tuote voidaan kierrättää kokonaisuudessaan, ja se vaatii vähemmän prosessointia. Toinen vaihtoehto on suunnitella vaate niin, että sen osat ja materiaalit ovat helposti eroteltavissa. (Niinimäki 2013, 18.) Fletcherin (2014, 124) mukaan näistä käytetään yleisesti tuotesuunnittelussa englanninkielisiä termejä design for recycling ja design for disassembly, eli suunnittelu kierrätettäväksi ja suunnittelu purettavaksi.

Saksalainen ulkoilutuotteiden valmistaja Vaude on ollut edelläkävijä tuotteiden suunnittelussa kierrätettäviksi. Yritys kehitti vuosikymmen sitten Ecolog-kierrätysjärjestelmän, joka mahdollisti 100-prosenttisten polyesterivaatteiden valmistuksen. Vaatteessa kaikki, mukaan lukien kangas, vetoketjut, kiinnikkeet, langat ja nyörit olivat polyesteriä (kuva 4). Jälleenmyyjät palauttivat käytetyt Ecolog-tuotteet Saksaan, jossa niistä kierrätettiin uutta polyesterimateriaalia uusiin tuotteisiin. Koska tuotteessa kaikki oli samasta materiaalista, prosessi ei vaatinut metallin tai muiden materiaalien erottelua. (Fletcher 2014, 125.)



KUVA 4. Kokonaan polyesteristä valmistettu takki (Vaude 2016)

Suunniteltaessa tuote kokonaisuudessaan yhdestä materiaalista vetoketjujen ja muiden tarvikkeiden lisäksi on otettava huomioon lanka, joka on useimmiten polyesteriä. Laser- ja wet-jet-teknologiat voisivat kehittyessään helpottaa tätä prosessia niin, että niiden avulla kangaskappaleet voitaisiin liittää toisiinsa ilman lankaa (Fletcher 2014, 125). Englannissa on kehitetty Wear2-teknologia, jonka avulla vaatteiden saumat saadaan avattua, sekä kaikki tarvikkeet irrotettua kierrätystä varten. Wear2 tarjoaa vaatteiden valmistukseen erityisen langan, joka vastaa laadultaan tavallista ompelulankaa. Kierrätystä varten vaatteet käytetään mikroaaltouunin tapaisessa lämpökäsittelyssä, joka vaikuttaa lankaan niin, että saumat saadaan avattua helposti ja kaikki ylimääräinen materiaali eroteltua. Lähtökohtaisesti teknologia on suunnattu

hyödynnettäväksi työvaatteissa. (Wear2 2016.) Toisaalta esimerkiksi kehittyvät selluloosakuitujen liutusmenetelmät tulevat helpottamaan sekoitteiden kierrättämistä.

Tuotteen suunnittelu purettavaksi on näkökulmana ollut yleisemmin käytössä muilla teollisuuden aloilla, kuten elektroniikkateollisuudessa. Siinä tuotteen purkamisen suunnittelu nähdään yhtä tärkeänä kuin varsinainen tuotteen suunnittelu. Cao, Bennett, Farr, Gam ja Helmkamp (2011) ovat tehneet tutkimuksen design for disassembly -mallin soveltamisesta miesten takin suunnittelussa. He tutkivat markkinoilla olevia takkeja ja esteitä, joita niiden purkamisessa ilmenee. Muun muassa eri materiaalien määrä minimoitiin, samanlaiset materiaalit ommeltiin yhteen aina kun mahdollista ja huomiota kiinnitettiin tikkityyppiin ja tikin pituuteen. Lopputuloksena syntyi takki, jonka ulkokuori on biohajoava ja vuori kierrätettävissä ja joka on purettavissa osiin 1,5 minuutissa.

Materiaalien valinnassa lisäksi myös laatuun on kiinnitettävä huomioita, sekä siihen, että materiaali soveltuu mahdollisimman hyvin käyttötarkoitukseensa. Laadukas ja käyttötarkoitukseensa soveltuva materiaali säilyy käytössä pidempään, mutta soveltuu myös kierrätettäväksi paremmin. Kierrätysraaka-aineesta valmistettujen materiaalien tuoteturvallisuuteen on myös syytä kiinnittää huomiota, varsinkin jos kyse on raaka-aineesta, joka ei alkuperäisesti ole suunniteltu säännöllisesti iholla käytettäväksi.

### 5.3 Design ja valmistus

Kierrätyksen kannalta ajaton ja yksinkertainen vaate on helpompi tapaus kuin rakenteeltaan kovin monimutkainen. Kierrätystä voidaan helpottaa valitsemalla tuotteeseen vain ne yksityiskohdat, jotka koetaan olennaisiksi. Vaatteen valmistusvaiheiden järjestyksellä ja työtapojen suunnittelulla voidaan vaikuttaa siihen, miten helppoa vaatetta on korjata, muunnella tai purkaa (Suojanen 1997, 86). Jätteen syntyä voidaan minimoida tai jopa ehkäistä kokonaan jo kaavoitusvaiheessa. Hyödyntämällä esimerkiksi zero waste -kaavoitustekniikkaa leikkuujätteen määrä voidaan minimoida

nimensä mukaisesti nollaan (Fletcher 2014, 130). Nurmen tuotteet ovat olleet tyypillisesti minimalistisia ja ajattomia, joten sen puolesta kierrätyksen mahdollistava design soveltuu hyvin merkille.

Vaatteen materiaaleja, rakenteita ja valmistusratkaisuja valittaessa tulee pyrkiä siihen, että helppo kierrätettävyys ja laatu pysyvät tasapainossa. Esimerkiksi tukikankaan jättäminen pois saattaa helpottaa tuotteen purkamista osiin, mutta vaikuttaa tuotteen laatuun. Siinä missä kierrätysmateriaalien kehittäminen ylipäättään, myös suunnittelussa uusien ratkaisujen ja rakenteiden keksiminen edellyttää innovatiivista ajattelua. Suunnittelun tehtävänä onkin kehittää uusia ratkaisuja. Tuotteen tai palvelun suunnittelu kannattaa aloittaa puhtaalta pöydältä ilman ennakoajatuksia. Innovatiivinen ajattelu edellyttää, että ei takerruta siihen, minkälaisia vastaavia ratkaisuja on jo saatavilla, vaan pikemminkin pohditaan minkälaisen tuotteen tai palvelun kehittäisi, jos ei olisi mitään aikaisempaa ajatusta siitä (Braungart & McDonough 2013, 61–62).

Lisäksi suunnittelussa tulee huomioida tuoteinformaation välittäminen asiakkaalle. Vaatteen kierrätettävyydestä ei ole hyötyä, jos asiakkaalle ei välity tieto siitä, miten toimia kun tuotteen haluaa poistaa käytöstä. Esimerkiksi itse vaatteeseen tai hintalappuun voi lisätä graafisia elementtejä ja tietoa liittyen tuotteen hävittämiseen. Joidenkin vaatteiden mukana tulee erilaisia esittelylehtisiä ja niihin mahtuu laajemminkin tietoa yrityksen käytännöistä ja mahdollisista palveluista koskien tuotteen elinkaaren loppupäätä. Esimerkiksi ruotsalainen farkkuvalmistaja Nudie Jeans on tehnyt farkkujen mukana tulevan lehtisen, jossa kerrotaan muun informaation lisäksi tuotteen korjaamisesta ja hävittämisestä. Periaatteessa tällaisen tiedon voi myös esimerkiksi painaa kuvan tai lyhyen tekstin muodossa itse vaatteeseen esimerkiksi taskupussiin. Tällaisella informaatiolla kannustetaan asiakkaita huoltamaan sekä kierrättämään hankkimansa tuote.



#### 5.4 Laajennettu tuottajavastuu

Tuottajavastuu tarkoittaa yleisesti tuotteiden valmistajien, maahantuojien ja jakelijoiden velvollisuutta järjestää tuotteidensa jätehuolto omalla kustannuksellaan. Laajennettu tuottajavastuu ulottuu koko tuotteen elinkaareen, eli myös suunnittelu- ja valmistusvaiheeseen. Se ohjaa tuotteiden valmistajia kehittämään tuotteitaan korjauskelpoisiksi ja kierrätettäviksi. Tuottajavastuujärjestelmä voi perustua pakollisuuteen tai vapaaehtoisuuteen. Tällä hetkellä muun muassa sähkö- ja elektroniikkatuotteita sekä pakkauksia koskee tuottajavastuu. Vapaaehtoinen tuottajavastuu syntyy tuottajien omasta aloitteesta ja näkyy yleisimmin yritysten itse järjestämänä oman tuotemerkin takaisinottopalveluna. (Tekstiilehti 2015, 20.)

Tekstiilejä ja vaatteita ei koske tällä hetkellä pakollinen tuottajavastuu. Euroopan alueella ainoastaan Ranskassa tuottajavastuuta on laajennettu myös tekstiileihin. Siellä vuodesta 2008 lähtien vaatteiden ja jalkineiden valmistajien, jakelijoiden ja jälleenmyyjien on täytynyt ottaa käytetyt tuotteet takaisin. Yritys voi itse järjestää tuotteiden palautusjärjestelmän tai se voi maksusta osallistua Ranskan hallituksen valtuuttamaan järjestelmään. (Niinimäki 2013, Tojo ym. 2012 mukaan, 25.) Vaatetusalan yritys voi kehittää suljetun tai avoimen kierron ajatukseen perustuvan takaisinottojärjestelmän. Suljettu kierto tässä kohtaa tarkoittaa sitä, että yritys hyödyntää vastaanottamansa jätteen omissa prosesseissaan ja avoin kierto sitä, että ulkopuolinen yhteistyökumppani käsittelee sen. (Niinimäki 2013, 25.)

Monissa maissa pakollisen tuottajavastuujärjestelmän sijaan on käytössä kasvava määrä erilaisia tekstiiliteollisuuden sekä kauppajien omia, vapaaehtoisia tuotteiden takaisinottoon perustuvia aloitteita. Sekä pakollinen että vapaaehtoinen tuottajavastuu luovat edellytyksiä kierrätyksen, tuotesuunnittelun sekä palveluiden ja uusien liiketoimintamallien kehittämiseen. (Tekstiilehti 2015, 20–21.)

Seuraavaksi käsitellään tähän liittyen, mitä erilaisia palveluita yritys voi tarjota kierrätyksen tukena.

## 5.5 Palveluiden tarjoaminen kierrätyksen tukena

McDonough ja Braungart (2002, 114) toteavat kirjassaan *Cradle to cradle: Re-making the way we make things*, että jos tuotteet halutaan suunnitella kierrätettäviksi, ne voidaan suunnitella niin sanotusti palvelutuotteiksi (engl. product of service). Englanniksi käytetään myös käsitettä product-service system (PSS). Tällä tarkoitetaan tarjoomaa, jossa on yhdistetty tuotteita ja palveluita, jotka yhdessä vastaavat tehokkaammin asiakkaan tarpeisiin ja tuottavat sekä yritykselle että asiakkaalle enemmän arvoa verrattuna pelkän tuotteen tarjoamiseen. Perinteiseen tuotepohjaiseen business-malliin verrattuna se tarjoaa mahdollisuuden kehittää ympäristön kannalta edullisia ratkaisuja vähentämällä luonnonvarojen kulutusta muun muassa eri sidosryhmien välisellä yhteistyöllä. (Kohtala, Srinivasan & Vezzoli 2014, 30.)

Vaatetusalalla palveluiden linkittäminen tuotteisiin tarjoaa muun muassa mahdollisuuden vaikuttaa tuotteiden laatuun ja elinkaareen, ja siihen liittyvät myös uudenlaiset kulutusmuodot, joilla voidaan vähentää alalla vallitsevaa kulutusta yli luonnonvarojen. Tuotepalvelujärjestelmiä on kolmenlaisia. Tuotepainotteiset (engl. product-oriented) palvelut perustuvat tuotteeseen, jonka ympärille tarjotaan siihen liittyviä palveluita. Esimerkiksi erilaiset korjaus- ja kustomointipalvelut sekä käytettyjen vaatteiden palautusmahdollisuus ovat tällaisia. Käyttöpainotteisille (engl. use-oriented) palveluille ominaista on, että niihin ei liity tuotteen omistaminen. Tällaisia voivat olla esimerkiksi vaatteiden lainaus-, vuokraus- ja vaihtopalvelut. Lisäksi on olemassa tulospainotteisia (result-oriented) palveluita, jotka perustuvat tuotteen sijaan esimerkiksi jonkinlaisen aktiviteetin tarjoamiseen. (Niinimäki 2013, 103–104.)

Mahdollisia vaatteiden huoltopalveluita joita yritys voi tarjota, ovat esimerkiksi erilaiset korjaus-, lyhennys- ja kustomointipalvelut. Niiden avulla voidaan vaikuttaa vaatteiden muokattavuuteen ja pidentää osaltaan vaateen elinikää mahdollisimman pitkäksi. (Niinimäki 2013, 104.) Esimerkiksi kahsmir-neuleista tunnettu suomalainen Arela tarjoaa tuotteilleen huoltopalvelua. Neuleelle tehdään tarvittavat

huoltotoimenpiteet riippuen sen kunnosta. Perushuoltoon kuuluu nukan poisto, pesu ja höyrytys. (Modin 2015, 25.) Kun vaatteen laadusta huolehditaan sen elinkaaren eri vaiheissa, lopulta helpotetaan osaltaan myös vaatteen kierrättämistä.

Vaatteiden lainaus- ja vuokrauspalvelut tarjoavat asiakkaille mahdollisuuden saada vaate tilapäiseen tarpeeseen merkittävästi vähemmällä luonnonvarojen kulutuksella, kuin mitä vaatteen ostaminen kuluttaisi. Ne kasvattavat vaatteen kokonaiskäyttöä sen eliniän aikana varsinkin sellaisen vaatteen kohdalla, joka kuluttajalla on harvassa käytössä. Lainauspalvelut soveltuvat erityisesti tuotteisiin, joita ei välttämättä tarvitse itse omistaa. Tuotteiden suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota muun muassa kestävyteen ja helppokäyttöisyyteen, jotta ne kestävät useamman ihmisen käytössä. (Niinimäki 2013, 104–106.)

Erilaiset käytettyjen vaatteiden palautusjärjestelmät (engl. take-back programs) ovat kasvussa (Niinimäki 2015, 104). Yritys ottaa siinä vastaan valmistamansa tuotteen tai jossain tapauksissa muidenkin merkkien tuotteita ja ottaa vastuun sen uudelleenkäytöstä, kierrättämisestä tai hävittämisestä. Tyypillinen esimerkki tästä on Filippa K, joka on vuodesta 2008 lähtien ottanut palkkiosta vastaan merkin käytettyjä tuotteita ja myy niitä Filippa K Second Hand -liikkeissään. (Fletcher & Grose 2012, 64). Suuret vaatetusalan yritykset, kuten H&M, ovat ulkoistaneet tämän I:CO -nimiselle palvelulle, jonka nimi tulee sanoista I collect. Asiakkaat palauttavat tuotteet myymälään ja I:CO hoitaa niiden kierrätyksen siitä eteenpäin. (I:CO 2016.) Parhaassa tapauksessa uudelleenkäyttöön kelpaamattomista vaatteista valmistetaan uutta materiaalia yrityksen käyttöön, kuten esimerkiksi Teijin Fibers Ltd tekee ECO CIRCLE -prosessissaan.

Esimerkki yrityksestä joka on yhdistänyt tuotteeseen useampia palveluita, on farkkumerkki Nudie Jeans. Kuluneet farkut voi korjauttaa ilmaiseksi yrityksen erikseen tähän tarkoitetuissa liikkeissä. Mikäli liikkeessä käyminen ei ole mahdollista, voi kotiin tilata ilmaisen korjaustarvikepakkauksen. Käytetyt farkut voi palauttaa liikkeeseen, ja niitä

kunnostetaan ja myydään second hand -tuotteina tai hyödynnetään myös raaka-aineena merkin valmistamissa matoissa ja farkuissa. (Nudie Jeans Co 2016.)

Sen lisäksi että edellä käsiteltyihin palveluihin liittyy ympäristö- ja vastuullisuusnäkökulma, auttavat ne yritystä myös vastaamaan paremmin asiakkaan tarpeisiin ja luomaan brändiuskollisuutta. Vaatetusteollisuuden pohjautuessa pitkälti tuotteisiin on lähitulevaisuudessa tuote- ja käyttöpainotteisten palvelumuotojen toteuttaminen realistisinta. (Niinimäki 2013, 104.) Nurmella on ollut kokeilu vaatelainaamotoiminnasta ja näin ollen edellytyksiä jatkossakin vastaavanlaiseen toimintaan. Muita edellä mainittuja palveluita voi myös tarvittaessa ulkoistaa ja hyödyntää erilaisia sidosryhmiä ja yhteistyötahoja palveluiden tarjoamiseksi. Esimerkiksi lyhennys- tai muun pienimuotoisen korjauspalvelun tarjoaminen voisi olla organisoitavissa oman yrityksen voimin.

## 5.6 Kierrätysmateriaalien tuoteturvallisuus

Tekstiilituotteet ovat usein kosketuksissa ihon kanssa pitkiäkin aikoja, joten tuoteturvallisuus on tärkeää. Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (2015a) mukaan tekstiilien tulee täyttää kuluttajaturvallisuuslainsäädännössä asetetut yleiset turvallisuusvaatimukset. Käytännössä se tarkoittaa, että ne eivät saa aiheuttaa vaaraa kuluttajan terveydelle tai omaisuudelle. Tämän lainsäädännön lisäksi tekstiileille on olemassa yksityiskohtaista lainsäädäntöä ja tuoteryhmäkohtaisia turvallisuusvaatimuksia koskien muun muassa tekstiilituotteiden formaldehydiä, nikkeliä, ftalaatteja ja tiettyjä atsoväriaineita. Esimerkiksi lasten vaatteiden kohdalla tuoteturvallisuuteen liittyy erityisiä vaatimuksia. Tuotteiden turvallisuudesta tulee varmistua siinäkin tapauksessa, että tuotteelle ei ole olemassa yksityiskohtaista lainsäädäntöä.

Toiminnanharjoittajalla on ensisijainen vastuu varmistaa, että tuotteet joita hän valmistamaa, markkinoi ja myy ovat turvallisia. Käytännössä tämä koskee niin valmistajaa, maahantuoja kuin kaupan eri portaissa toimivia myyjiä. Suomessa Tukes ja tullit valvovat pistokokeenomaisesti

tekstiilituotteiden turvallisuusvaatimusten noudattamista. Kuluttajille myytävissä tekstiilituotteissa tulee olla lisäksi tarvittavat tiedot koskien muun muassa kuitusisältöä ja hoito-ohjeita. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2015a.) Selkeät merkinnät valmistusmateriaaleista helpottavat vaateen uudelleenkäyttöä ja kierrätystä (Motivan hankintapalvelu 2015).

Tekstiileissä käytetään erilaisia väriaineita, esikäsittelyitä ja viimeistyksiä. Tekstiilien kemikaaleista säädetään Euroopan parlamentin ja neuvoston REACH-asetuksessa. Se on lyhenne sanoista Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, ja se määrittelee kemikaalien rekisteröintiä, arviointia, lupamenettelyjä ja rajoituksia. Asetuksen mukaan kaikki EU:n alueella valmistetut ja alueelle maahantuodut aineet on rekisteröitävä. Rekisteröintivelvoite on aineiden valmistajilla ja maahantuojilla. Käytännössä esimerkiksi tekstiilin tai vaateen maahantuojallakin on sen mukaan todennäköisesti joitakin vastuita. Euroopan kemikaalivirasto hallinnoi rekisteriä ja lupamenettelyjä. Aineita, joiden epäillään aiheuttavan vaaraa ihmisille tai ympäristölle arvioidaan ja tarvittaessa niiden käyttöä rajoitetaan. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2015b.)

Kierrätysmateriaalien kohdalla tuoteturvallisuuden huomioimisen voidaan ajatella olevan entistä tärkeämpää, sillä materiaalin raaka-aineet ovat erilaisia ja eivät lähtökohtaisesti välttämättä vaatetus käyttöön tarkoitettuja. Raaka-aineet saattavat tulla eri lähtöperistä ja niiden koostumuksen tunnistusmenetelmät ovat tärkeässä roolissa. Varsinkin käytettyjen vaatteiden ja tekstiilien kohdalla materiaalikoostumus ja esimerkiksi niissä käytetyt kemikaalit saattaneet olla haasteellisempaa selvittää. Tiedetyt käsittelyt ja ominaisuudet, joita tekstiileissä käytetään, lähtevät joissakin tapauksissa pois pesussa, mutta ne voidaan myös laittaa kuidun sisälle, esimerkkinä tästä palonsuoja-aine synteettisessä kuidussa. Etenkin PET-pulloista kierrätetyn polyesterin turvallisuudesta iholle on herännyt kysymyksiä, mutta voidaan myös miettiä, onko esimerkiksi kalaverkoista kierrätetyn polyamidin soveltuvuutta iholle varmistettu, sillä sekään ei ole raaka-aineena lähtökohtaisesti vaatteessa käytettäväksi suunniteltu.

Kierrätysmateriaalien kohdalla noudatetaan samoja aiemmin mainittuja säädöksiä, jotka koskevat tekstiilejä yleisesti. Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (2014) mukaan jätteestä tuotettu aine lukeutuu REACH-velvoitteiden piiriin silloin, kun jäte lakkaa olemasta jäte. Käytännössä valmistusprosessiksi katsotaan jättemateriaalia sekä kemiallisesti sekä mekaanisesti muuttavat käsittelyprosessit. Jos kierrätysprosessissa syntyy aine, joka on jo rekisteröity, kierrätetyn aineen valmistajalla ei ole rekisteröintivelvoitetta. Kierrättäjältä vaaditaan tässä tapauksessa kuitenkin muun muassa rekisteröidyn aineen käyttöturvallisuustiedote.

On olemassa joitakin yrityksiä, jotka tarjoavat tuoteturvallisuuteen liittyviä tutkimuspalveluita. Muun muassa suomalainen yritys Biosafe on tutkimusorganisaatio, joka tarjoaa yrityksille analyysipalveluita erilaisten tuotteiden turvallisuuden tutkimiseksi. Se selvittää erilaisten testien avulla tuotteiden myrkyllisyyttä ja testauksia voidaan tehdä tuotekehityksen eri vaiheissa. Biosafen asiakkaisiin kuuluu myös tekstiiliteollisuus. (Biosafe 2016.)

## 5.7 Kierrätysmateriaaleja koskevat standardit

Standardisoinnilla tarkoitetaan yhteisten toimintatapojen laatimista, joiden tarkoituksena on helpottaa kuluttajien, elinkeinoelämän ja viranomaisten toimintaa. Standardeilla suojellaan sekä kuluttajaa että ympäristöä. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2016.) Niistä on hyötyä materiaali- ja tuotekehityksessä, tuotannossa sekä kotimaisessa ja kansainvälisessä kaupankäynnissä. Standardit ovat luonteeltaan suosituksia, mutta terveyttä ja turvallisuutta koskevia standardeja, jotka tukevat lainsäädäntöä, on usein käytännössä pakollisia noudattaa. Standardeja laaditaan kansallisesti, eurooppalaisella tasolla sekä globaalisti. Suomessa tekstiili- ja vaatetusalan standardisoinnista vastaa standardisoiyhdisty TEVASTA ry, joka toimii Suomen Tekstiili ja Muoti ry:n yhteydessä. (Suomen Tekstiili & Muoti ry 2016.)

Tekstiili- ja vaatetusteollisuuden standardeissa säädetään muun muassa laatuvaatimuksista ja materiaalien testaamisesta. Suomalaisessa

standardisoimisjärjestössä vahvistetun standardin tunnus on SFS, eurooppalaisessa EN ja kansainvälisessä ISO (Suomen standardisoimisliitto SFS 2016). Kierrätysraaka-aineesta valmistettujen materiaalien kohdalla sovelletaan samoja tekstiili- ja vaatetusteollisuutta koskevia standardeja. Erikseen kierrätysmateriaaleja koskevia standardeja ei ole nähty tarpeelliseksi kehittää. (Pylsy 2016.) Käytännössä siis kierrätysmateriaalien tulee täyttää samat laatuvaatimukset kuin neitseellisistä kuiduista valmistettujen materiaalien. Virallisten standardisointijärjestöjen laatimien yleisesti käytettävien standardien lisäksi on olemassa yksityisten tahojen kehittämiä standardeja. Seuraavaksi tarkastellaan joitakin yksityisten tahojen laatimia standardeja, joita voidaan soveltaa kierrätysmateriaalien kohdalla.

OEKO-TEX Standard 100 (kuvio 5) on kansainvälinen tekstiilien testaus- ja sertifiointijärjestelmä, jonka tarkoituksena on varmistaa tekstiilituotteiden turvallisuus. Se säätelee haitallisten aineiden, kuten väriaineiden tai kemikaalien määrää kaikissa tuotannon vaiheissa oleville tuotteille raaka-aineista lähtien. Se jaottelee tekstiilit neljään eri luokkaan niiden käyttötarkoituksen mukaan. Mitä enemmän tuote on ihokosketuksessa, sitä tiukemmat kriteerit sitä koskevat. Sertifiointi myönnetään vuodeksi kerrallaan. (OEKO-TEX Association 2016.)



KUVIO 5. OEKO-TEX Standard 100 -logo (OEKO-TEX Association 2016)

Kierrätysmateriaaleista valmistetuille tekstiileille on olemassa Global Recycled Standard (GRS). Sen on alun perin kehittänyt yhdysvaltalainen Control Union Certifications vuonna 2008. Nykyisin sen omistaa voittoa tavoittelematon järjestö Textile Exchange, jonka toiminta pyrkii tekstiiliteollisuuden vastuullisuuden edistämiseen. Standardin tarkoituksena on auttaa todentamaan tuotteiden kierrätetty sisältö. Lisäksi

se korostaa jäljitettävyyttä sekä asettaa kriteerejä koko tuotantoprosessin ajalle sosiaaliseen ja ympäristövastuuseen sekä kemikaalien käyttöön liittyen. (Textile Exchange 2014a.)

GRS-standardi edellyttää, että tuote sisältää vähintään 20 prosenttia kierrätettyä materiaalia. (Textile Exchange 2014a.) Kuitenkin vain tuotteet jotka sisältävät vähintään 50 prosenttia kierrätettyä materiaalia, voivat viitata GRS-standardiin tai käyttää sen logoa (kuvio 6) tuotteiden yhteydessä. Käytettäessä logoa tuotteiden yhteydessä on ilmoitettava, kuinka suuri osuus tuotteesta on kierrätettyä materiaalia, ja jos kierrätettyjä materiaaleja on useampia, niiden prosenttiosuudet tulee erotella. (Textile Exchange 2014b.) Standardin mukaan sertifioidut yritykset ja tuotteet löytyvät Textile Exchangen kautta. Merkittävällä osalla Kaukoidässä sijaitsevista valmistajista on standardilla sertifioituja tuotteita. (Textile Exchange 2015). Textile Exchange on kehittänyt myös standardin Recycled claim standard (RCS), joka on myös tarkoitettu todistamaan tekstiilin sisältämä kierrätetty materiaali. Se on sisällöltään suppeampi, sillä siihen ei liity vaatimuksia esimerkiksi tuotannon ympäristövaikutuksiin liittyen. (Textile Exchange 2013.)



KUVIO 6. Global Recycled Standard -logo (Textile Exchange 2014b)

Lisäksi on olemassa muita yleisesti kierrätetyistä materiaaleista valmistetuille tuotteille suunnattuja standardeja ja sertifikaatteja. Esimerkiksi SCS Recycled content certification (kuvio 7) on tarkoitettu laajemmin monenlaisille teollisuuden tuotteille soveltuen myös tekstiileille ja vaatteille. Se ilmoittaa tuotteiden sisältämän kierrätetyn materiaalin osuuden ja sen, ovatko materiaalit peräisin teollisuuden vai kuluttajan jätteestä. Recycled content certification on SCS Global Services -yrityksen



omistuksessa ja se noudattaa kansainvälisiä ISO-standardeja. (SCS Global Services 2016.)



KUVIO 7. SCS Recycled content certification (SCS Global Services 2016)

Cradle to cradle -filosofian mukaan suunnitelluille tuotteille on kehitetty Cradle to Cradle Certified Product Standard (kuvio 8). Siitä on vastuussa voittoa tavoittelematon organisaatio The Cradle to Cradle Products Innovation Institute. Sertifiointissa arvioidaan tuotteen elinkaarta ja valmistusmenetelmää käytettyjen materiaalien, kierrätettävyyden, energian- ja vedenkäytön sekä sosiaalisten vaikutusten osalta. Tuotteelle myönnetään kussakin edellä mainitussa kategoriassa suoritustaso. Mahdolliset suoritustasot ovat Basic, Bronze, Silver, Gold ja Platinum. Koko tuotteen sertifikaattitaso määräytyy alhaisimman suoritustason mukaan. (Cradle to Cradle Products Innovation Institute 2014a.)



KUVIO 8. Cradle to Cradle Certified -logo (Cradle to Cradle Products Innovation Institute 2014a)

Cradle to cradle -sertifiointissa materiaalit erotellaan biologisiin ja teknisiin raaka-aineisiin ja materiaalien turvallisuuteen kiinnitetään huomiota. Kierrätettävyyteen liittyen uusiutuvien materiaalien tai kierrätysmateriaalien osuus tulee maksimoida. Materiaaleista mahdollisimman suuren osan tulee olla turvallisesti uudelleenkäytettävissä, kierrätettävissä tai kompostoitavissa. Sertifiointin tarkoituksena on edesauttaa tuotteen

jatkuvaa kehitysprosessia, joten valmistajien on joka toinen vuosi osoitettava kehitystä, mikäli tuotteelle haluaa saada uusintasertifioinnin. (Cradle to Cradle Products Innovation Institute 2014a.) Esimerkki kierrätysmateriaalista valmistetusta Cradle to cradle -sertifioiduista vaateustekstiilistä on Bionic DPX. Se on 100 prosenttisesta kierrätys-PET:stä valmistettu lanka. (Cradle to Cradle Products Innovation Institute 2014b.)

Liitteen yksi kuvioon on koottu tässä luvussa viisi käsiteltyä asiaa, joilla voidaan vaikuttaa tuotteen kierrätettävyyteen ja joita tulee ottaa huomioon kierrätysmateriaaleja käytettäessä. Kuvion pohja vaateen elinkaaresta on tehty mukaillen Lokerin (2008) Model for a technology-enabled sustainable fashion system -kuviota.

## 6 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö käsitteli kierrätysmateriaalien mahdollisuuksia vaatetusalan yritykselle. Aihe työhön lähti Nurmen kiinnostuksesta siirtyä mahdollisesti valmistamaan merkin vaatteita ainoastaan kierrätysmateriaaleista. Tarkoituksena työssä oli näin ollen selvittää kierrätysmateriaalien mahdollisuuksia ja saatavuutta. Työssä tutkittiin, mitä kierrätysmateriaaleja on saatavilla ja minkälaisia kierrätysmateriaaleja on kehitteillä. Lisäksi työssä perehdyttiin siihen, miten suunnittelulla voidaan vaikuttaa vaatteiden kierrätettävyyteen. Tutkimuksen pohjalta arvioitiin kierrätysmateriaalien potentiaalia Nurmelle. Työn voidaan ajatella palvelevan ja inspiroivan myös muita, jotka pohtivat vaatteiden valmistamista kierrätysmateriaaleista.

Aihetta käsiteltiin kirjallisen sekä sähköisen aineiston pohjalta. Ensin perehdyttiin tekstiilien kierrätykseen yleisesti. Kierrätyksen teemaan paneuduttiin cradle to cradle -periaatteen sekä kiertotalouden käsitteen pohjalta. Sitten lähdettiin tutkimaan, minkälaisia kierrätysmateriaaleja yritykset jo käyttävät, miten niitä on saatavilla ja mitä materiaaleja on kehitteillä. Kierrätyskuiduista tarkempaan tarkasteluun otettiin yleisimmin kierrätettyjä sekä toimeksiantajan kannalta kiinnostavia kuituja, ja niitä käsiteltiin myös erilaisten yritysesimerkkien kautta. Koska Nurmen tarkoituksena on jatkossa toimia enenevässä määrin kiertotalouden ajatuksen mukaisesti, on koko tuotteen kierto suunniteltava. Tästä syystä perehdyttiin siihen, miten suunnittelussa voidaan huomioida vaatteiden kierrätettävyys. Kierrätysmateriaaleihin liittyy keskeisesti tuoteturvallisuus, joten lisäksi perehdyttiin kierrätysmateriaaleissa käytettäviin standardeihin.

Tutkimuksen perusteella eniten saatavilla on kierrätettyä polyesteriä, jota kierrätetään erityisesti PET-juomapulloista, mutta myös polyesteritekstiileistä. Varsinkin muovipulloista valmistettuun polyesteriin liittyy kuitenkin ympäristöhaasteita, ja sen soveltuvuutta käytettäväksi iholla on kyseenalaistettu. Polyesterin kierrätykseen polyesteritekstiileistä on kehitetty suljetun kierron systeemejä, jotka ovat muutamien suurien valmistajien hallussa, sillä ne vaativat investointeja niissä tarvittaviin

laitteisiin ja teknologiaan. Myös kierrätettyä polyamidia voidaan todeta olevan saatavilla.

Toinen yleisimmin kierrätetty kuitu on puuvilla, sillä se on polyesterin ohella eniten tuotettuja tekstiilikuituja, joten raaka-ainetta on runsaasti saatavilla. Puuvillaa kierrätetään toistaiseksi mekaanisesti, jolloin haasteena on laadun heikkeneminen kierrätysprosessissa. Kierrätettyä puuvillaa ja villaa sekä akryyliä ja viskoosia onkin rajallisemmin saatavilla vaatetuskäyttöön, ja useimmiten ne ovat sekoitteita kierrätetystä materiaalista ja neitseellisestä materiaalista. Puuvillan kierrättämiseen kehitetään kuitenkin parhaillaan uusia menetelmiä, joiden avulla laatu saadaan pysymään yhtä hyvänä tai siitä saadaan jopa parempi kuin alkuperäisellä kuidulla.

Myös ruokajätteen hyödyntämisestä tekstiilimateriaalien raaka-aineena löytyy pienessä mittakaavassa toteutettuja tai kehitysasteella olevia kiinnostavia esimerkkejä. Selluloosapohjaisia kierrätettyjä kuituja voidaan pitää potentiaalisina, sillä useammatkin tahot kehittävät niille parhaillaan kemiallisia liuotusmenetelmiä. Raaka-ainetta niihin voidaan ajatella olevan, sillä selluloosamuuntokuitujen tuotanto on kasvussa ja puuvillaa tuotetaan paljon. Myös Nurmen kannalta niitä voidaan pitää siinä mielessä potentiaalisena vaihtoehtona, että niiden kehitys tapahtuu lähellä, muun muassa Suomessa sekä Ruotsissa, joskin kestää muutamia vuosia ennen kuin menetelmät saadaan kehitettyä kaupalliseen mittakaavaan. Joka tapauksessa kierrätettyä puuvillaa ja muita selluloosapohjaisia kuituja voidaan tulevaisuudessa odottaa olevan markkinoilla enemmän.

Suunniteltaessa vaate kierrätettäväksi on sen koko elinkaari otettava huomioon. Erityisesti materiaalien valinnalla ja määrällä sekä designilla ja valmistustavoilla voidaan vaikuttaa vaateen kierrätettävyyteen. Tuotteen yhteyteen voidaan liittää erilaisia palveluita kierrätyksen tueksi. Tällaisia ovat esimerkiksi korjauspalvelut ja käytettyjen vaatteiden palautusjärjestelmät.

Kierrätysmateriaalit voidaan nähdä hyvin osana Nurmi-vaatemerkin filosofiaa ja yhtenä osana kiertotalouden toteuttamisessa. Kierrätettyihin kuituihin liittyvät yleensä merkittävästi pienemmät ympäristövaikutukset energian, kemikaalien ja raaka-aineiden muodossa. Toistaiseksi kuluttajien tekstiilijätteen kierrätyksen ollessa kehitysvaiheessa teollisuuden jätteestä peräisin olevat kierrätyskuidut ovat realistisempia Nurmelle.

Kierrätettyjen kuitujen haasteena voidaan todeta olevan yhtä hyvien laatuominaisuuksien saavuttaminen kuin neitseellisissä kuiduissa sekä joidenkin kuitujen kohdalla myös tuoteturvallisuus. Tutkimuksen perusteella useat suurimmista kierrätysmateriaalien valmistajista sijaitsevat Euroopan ulkopuolella, mutta esimerkiksi villaa kierrätetään Euroopassa. Pienempiin valmistajiin liittyvää tietoa on haasteellisempaa löytää pelkästään verkon välityksellä. Kun selviää mistä kuidusta vaatteita halutaan lähteä valmistamaan, voitaisiin tehdä yksityiskohtaisempaa tutkimusta kyseisen kuidun saatavuudesta ja valmistajista.

Nurmi-merkin kohdalla myös tilausmäärät saattavat vaikuttaa kierrätysmateriaalien saatavuuteen. Lisäksi haasteena voidaan pitää sitä, että kierrätyskuidut ovat useimmiten sekoitteita, mikä nykyisellään on haaste kierrätettävyyden kannalta ja usein kierrätettyyn kuituun lisätään neitseellisiä kuituja, joten 100 prosenttisesti kierrätysraaka-aineista valmistettua materiaalia on vähemmän saatavilla. Kierrätysmateriaaleihin liittyvä tieto vaikuttaisi ajoittain myös olevan harhaanjohtavaa, eli kuitu, jota markkinoidaan 100 prosenttisesti kierrätettynä sisältääkin neitseellisiä raaka-aineita.

Nurmen toimintaan soveltuisi hyvin myös erilaisten palveluiden tarjoaminen kierrätyksen tukena. On otettava huomioon, että ylipäätään vaateen suunnitteluun kierrätysmateriaalista sekä myös kierrätettäväksi vaatii monesti laajemman toimintakoneiston taakseen, varsinkin jos pyritään suljetun kierron valmistusprosessiin. Yrityksen resursseista riippuen se voi pohtia, millä tasolla palveluita tarjotaan itse ja mitkä kannattaa ulkoistaa.

Kierrätysmateriaalien käyttöön liittyy myös olennaisesti materiaalien hinta. Esimerkiksi kierrätetyn polyesterin tuotanto on kärsinyt alhaisesta öljyn hinnasta. Kierrätyskankaiden hinta saattaa kierrätysprosessin kalleuden johdosta olla tavallisia materiaaleja korkeampi. Tämä taas vaikuttaa vaateen hinnoitteluun. Toisaalta tulevaisuudessa kierrätysmateriaalien tulisi menetelmien kehittyessä olla edullisempia kuin neitseellisestä kuidusta valmistettujen, koska niissä raaka-ainetta ei tarvitse valmistaa tai kasvattaa alusta asti. Jättemäärien puolesta raaka-ainetta kierrätettyjen materiaalien valmistukseen on saatavilla paljon. Kierrätykseen ja kierrätysmenetelmiin liittyvien hankkeiden ja kehityksen perusteella tulevaisuudessa kierrätysmateriaaleja voidaan kaiken kaikkiaan odottaa olevan enemmän saatavilla.

Lopulta kuluttajien asenteet vaikuttavat kierrätysraaka-aineesta peräisin olevien vaatteiden kysyntään. Kiinnostus kierrätysmateriaaleja ja ylipäätään ympäristöystävällisiä kuituja kohtaan on kuitenkin jatkuvasti kasvussa. Tutkimusta voitaisiin jatkaa perehtymällä kuluttajien asenteisiin ja kiinnostukseen erityisesti kierrätysraaka-aineesta valmistettuja kuituja kohtaan.

## LÄHTEET

### *Painetut lähteet*

Boncamper, I. 2011. Tekstiilioppi. Kuituraaka-aineet. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.

Braungart, M. & McDonough, W. 2002. Cradle to cradle: Remaking the way we make things. New York: North Point Press.

Braungart, M. & McDonough, W. 2013. The Upcycle: Beyond sustainability—Designing for abundance. New York: North Point Press.

Chick, A. & Micklethwaite, P. 2011. Design for sustainable change. Switzerland: AVA Publishing SA.

Ecotextile News. 2015a. Return on investment. Ecotextile News February / March 2015, 46.

Ecotextile News. 2015b. Retailers plan closed loop chemicals. Ecotextile News June / July 2015, 23.

Ecotextile News. 2015c. Speedo and Aquafil launch take-back scheme. Ecotextile News October / November 2015, 15.

Ecotextile News. 2015d. Slipping through the net. Ecotextile News August / September 2015, 32–33.

Ecotextile News. 2016. Recycled PET demand to remain solid despite challenges. Ecotextile News December 2015 / January 2016, 18.

Farley, J. & Hill, C. 2015. Sustainable fashion: past, present and future. London: Bloomsbury Academic.

Fletcher, K & Grose, L. 2012. Fashion & sustainability: Design for change. London: Laurence King Publishing Ltd.

Fletcher, K. 2014. Sustainable fashion and textiles: design journeys. 2nd edition. Oxon: Routledge.

Fletcher, K. & Tham, M. 2015. Routledge handbook of sustainability and fashion. Oxon: Routledge.

Kohtala, C., Srinivasan, A. & Vezzoli, C. 2014. Product-service system design for sustainability. Sheffield: Greenleaf Publishing Limited.

Loker, S. 2008. Model for a technology-enabled sustainable fashion system. Teoksessa Hethorn, J. & Ulasewicz, C. (toim.) Sustainable fashion: why now? A conversation about issues, practices, and possibilities. New York: Fairchild Books Inc.

Modin. 2015. Hyvin hoidettu kashmir-neule kestää vuosikaudet. Modin 4 / 2015, 25.

Niinimäki, K. 2013. Sustainable fashion: new approaches. Helsinki: Aalto ARTS Books.

Suojanen, U. 1997. Vihreät tekstiilit. Helsinki: Yliopistopaino.

Tekstiililehti. 2015. Tekstiilijätteet tuottajavastuulla kiertoon? Tekstiililehti 1/2015, 20.

#### *Elektroniset lähteet*

Aalto, K. 2014. Suomen tekstiilivirta vuonna 2012 [viitattu 31.3.2016].  
Saatavissa: [www.syke.fi/download/noname/%7B3BBEE709-1B36-4AEA-8D5C-67466B487B65%7D/100768](http://www.syke.fi/download/noname/%7B3BBEE709-1B36-4AEA-8D5C-67466B487B65%7D/100768)

Aalto, K., Dahlbo, H., Eskelinen, H., Huopalainen, M., Pennanen, J., Salmenperä, H. & Sippola, K. 2015. Tekstiilien uudelleenkäytön ja tekstiilijätteen kierrätyksen tehostaminen Suomessa. Suomen ympäristö 4/2015 [viitattu 15.12.2015.] Saatavissa:  
[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/155612/SY\\_4\\_2015.pdf?sequence=4](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/155612/SY_4_2015.pdf?sequence=4)

Aalto-yliopisto. 2016. Puuvillan kierrätyksen mullistava menetelmä voitti H&M Conscious -säätöön Global Change Award –kilpailun [viitattu 24.3.2016]. Saatavissa: <http://www.aalto.fi/fi/current/news/2016-02-11/>



Adidas. 2015. Adidas and Parley for the oceans stop the industry's waiting game [viitattu 28.3.2016]. Saatavissa: <http://news.adidas.com/US/Latest-News/ALL/adidas-and-Parley-for-the-Oceans-Stop-the-Industry-s-Waiting-Game/s/770e492e-544f-4eda-9b8b-f9e2596569b1>

Alberts, E. 2014. Recycled plastic clothing: solution or thread? [viitattu 18.3.2016] Saatavissa: [http://www.earthisland.org/journal/index.php/elist/eListRead/recycled\\_plastic\\_clothing\\_solution\\_or\\_threat/](http://www.earthisland.org/journal/index.php/elist/eListRead/recycled_plastic_clothing_solution_or_threat/)

Aquafil S.p.A. 2016. Regeneration system [viitattu 25.3.2016]. Saatavissa: <http://www.econyl.com/regeneration-system/>

Biosafe. 2016. Palvelut [viitattu 31.3.2016]. Saatavissa: <http://www.biosafe.fi/fi/Palvelut.html>

Cao, H., Bennett, J., Farr, C., Gam, H. & Helmkamp, C. 2011. Application of design for disassembly in men's jacket: A study on sustainable apparel design [viitattu 5.4.2016]. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/publication/233627271\\_Application\\_of\\_design\\_for\\_disassembly\\_in\\_men's\\_jacket\\_A\\_study\\_on\\_sustainable\\_apparel\\_design](https://www.researchgate.net/publication/233627271_Application_of_design_for_disassembly_in_men's_jacket_A_study_on_sustainable_apparel_design)

CCFGroup. 2016. Recycled polyester fiber industry hurts most from crude oil decline [viitattu 1.3.2016]. Saatavissa: [http://www.ccfgroup.com/newscenter/newsview.php?Class\\_ID=D00000&Info\\_ID=20151123111](http://www.ccfgroup.com/newscenter/newsview.php?Class_ID=D00000&Info_ID=20151123111)

Cradle to Cradle Products Innovation Institute. 2014a. Get Cradle to Cradle Certified [viitattu 2.4.2016]. Saatavissa: <http://www.c2ccertified.org/get-certified/product-certification>

Cradle to Cradle Products Innovation Institute. 2014b. Bionic DPX 100 % Recycled PET [viitattu 2.4.2016]. Saatavissa: <http://www.c2ccertified.org/products/scorecard/bionic-yarn-return-textiles-llc>

Dahlbo, H., Elander, M., Gíslason, S., Kiorboe, N., Lyng, K., Moliis, K., Palm, D., Rydberg, T., Salmenperä, H., Tekie, H., Valente, C. & Watson, D. 2014. Towards a Nordic textile strategy: Collection, sorting, reuse, and recycling of textiles [viitattu 21.3.2016]. Saatavissa: <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:720964/FULLTEXT01.pdf>

Eartheasy. 2014. EcoSpun (Eco-fi) [viitattu 18.3.2016]. Saatavissa: [http://eartheasy.com/wear\\_ecospun.htm](http://eartheasy.com/wear_ecospun.htm)

Ecoalf. 2015. Recycled fabrics from coffee grounds: This is Ecoalf [viitattu 3.4.2016]. Saatavissa: <https://fi.pinterest.com/pin/572449802611216704/>

Ecoalf. 2016. What do we recycle? [viitattu 25.3.2016]. Saatavissa: [http://ecoalf.com/us\\_en/about/processes](http://ecoalf.com/us_en/about/processes)

EPEA. 2016. EPEA Intl.Umweltforschung GmbH Taiwan Branch. Cradle to cradle [viitattu 18.4.2016]. Saatavissa: <http://www.c2cplatform.tw/en/c2c.php?Key=1>

Euratex. 2016. Pure Waste Textiles – when T-shirt saves water [viitattu 16.3.2016]. Saatavissa: <http://euratex.eu/pages/success-story/>

Friends of the Earth Europe. 2009. Gone to waste [viitattu 19.11.2015]. Saatavissa: [https://www.foe.co.uk/sites/default/files/downloads/gone\\_to\\_waste.pdf](https://www.foe.co.uk/sites/default/files/downloads/gone_to_waste.pdf)

Fruitleather Rotterdam. 2016. The Project [viitattu 29.3.2016]. Saatavissa: <http://www.fruitleather-rotterdam.com/#!project/csac>

Hildén, M., Kauppi, L., Mickwitz, P. & Seppälä, J. 2014. Kohti hiilineutraalia kiertotaloutta – tutkimus vauhdittamaan muutosta. SYKE [viitattu 10.2.2016]. Saatavissa: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135242/SYKE\\_Policy\\_Brief\\_13062014.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135242/SYKE_Policy_Brief_13062014.pdf?sequence=1)

I:CO. 2016. About I:CO [viitattu 4.4.2016]. Saatavissa: <http://www.ico-spirit.com/en/about-ico/>

Lille 3000. 2015. Textifood exhibition [viitattu 29.3.2016]. Saatavissa: <http://www.lille3000.eu/milan2015/en/textifood>

Lovia. 2016. Burbot leather [viitattu 29.3.2016]. Saatavissa: <http://www.loviacollection.com/dna-materials/fish-leather/>

MBDC. 2016a. McDonough Braungart Design Chemistry. C2C Framework [viitattu 5.2.2016]. Saatavissa: <http://www.mbdc.com/cradle-to-cradle/c2c-framework/>

MBDC. 2016b. McDonough Braungart Design Chemistry. Cradle to Cradle Certified™ Consulting [viitattu 8.2.2016]. Saatavissa: <http://www.mbdc.com/services/cradle-to-cradle-certified-consulting/>

Modint. 2010. Recycled fibres from virgin to eternity [viitattu 30.2.2016]. Saatavissa: <http://modint.nl/2015-09-03/wp-content/uploads/2015/09/3.-recycled-fibers-dh-28.10.14.pdf.pdf>

Morgan, H. 2014. Pure Waste Textiles: Why fabric waste will never make sense [viitattu 16.3.2016]. Saatavissa: <http://www.ecouterre.com/pure-waste-textiles-why-fabric-waste-will-never-make-sense/>

Motivan hankintapalvelu. 2015. Tekstiilit ja työvaatteet hankintaohje [viitattu 1.4.2016]. Saatavissa: [http://www.motivanhankintapalvelu.fi/files/658/Motivan\\_hankintaohje\\_Tekstiilit\\_ja\\_tyovaatteet.pdf](http://www.motivanhankintapalvelu.fi/files/658/Motivan_hankintaohje_Tekstiilit_ja_tyovaatteet.pdf)

Motivan hankintapalvelu. 2016. Tekstiilit [viitattu 17.3.2016]. Saatavissa: <http://www.motivanhankintapalvelu.fi/tietopankki/tekstiilit>

Noe, R. 2014. Recycling wool the hard way, since the 19<sup>th</sup> century [viitattu 16.3.2016]. Saatavissa: <http://www.core77.com/posts/27733/Recycling-Wool-the-Hard-Way-Since-the-19th-Century>

- Norlin, H. 2014. Re-generation of cellulosic fibres from used textiles [viitattu 15.3.2016]. Saatavissa: <http://www.mistrafuturefashion.com/en/media/news/Documents/Renewcell%20Henrik%20Norlin%20at%20Mistra%20Future%20Fashion%2027%20May%202014.pdf>
- Nousiainen, P. 2015. The future of textile recycling and the differentiation between recycled fibres / textiles [viitattu 15.3.2016]. Saatavissa: <http://www.tekstiilehti.fi/binary/file/-/id/3/fid/409/> lisää tämä lähde pdf doc. ehkä repusta peräisin?
- Nudie Jeans Co. 2016. This is Nudie Jeans [viitattu 6.4.2016]. Saatavissa: <https://www.nudiejeans.com/page/this-is-nudie-jeans#recycle/>
- Nurmi, A. 2015b. Kiertotalous vaateteollisuudessa suunnittelun näkökulmasta. Teoksessa Kristiina Soini-Salomaa (toim.) Ympäristömyötäistä arkikäyttöön. Lahden ammattikorkeakoulun julkaisusarja, osa 13 [viitattu 20.2.2016]. Saatavissa: [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/103864/kristiina\\_soini\\_salomaa\\_ymparistomyotaista\\_arkikayttoon.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/103864/kristiina_soini_salomaa_ymparistomyotaista_arkikayttoon.pdf?sequence=1)
- Nurmiclothing. 2015a. About [viitattu 4.11.2015]. Saatavissa: <http://www.nurmiclothing.com/about>
- Nurmiclothing. 2015b. Sustainability [viitattu 4.11.2015]. Saatavissa: <http://www.nurmiclothing.com/sustainability>
- Nurmiclothing. 2015c. Retailers [viitattu 4.11.2015]. Saatavissa: <http://www.nurmiclothing.com/retailers>
- Nurmiclothing. 2015d. Dear friends, it's time to take a time-out [viitattu 4.11.2015]. Saatavissa: <http://www.nurmiclothing.com/sustainability-transparency/dear-friends-its-time-to-take-a-time-out>

OEKO-TEX Association. 2016. OEKO-TEX Standard 100 [viitattu 2.4.2016]. Saatavissa: [https://www.oeko-tex.com/en/manufacturers/concept/oeko\\_tex\\_standard\\_100/oeko\\_tex\\_standard\\_100.xhtml](https://www.oeko-tex.com/en/manufacturers/concept/oeko_tex_standard_100/oeko_tex_standard_100.xhtml)

Orange Fiber. 2016. How to turn citrus waste into a sustainable fabric [viitattu 29.3.2016]. Saatavissa: <http://www.orangefiber.it/en/how-to-turn-citrus-waste-into-a-sustainable-fabric/>

Patagonia. 2016. Recycled polyester [viitattu 22.3.2016]. Saatavissa: <http://www.patagonia.com/us/patagonia.go?assetid=2791>

Polygenta Technologies Limited. 2013. What we offer? [viitattu 28.3.2016]. Saatavissa: [http://www.polygenta.com/what\\_we\\_are.html](http://www.polygenta.com/what_we_are.html)

Pure Waste Textiles. 2016. Our mission [viitattu 16.3.2016]. Saatavissa: <http://www.purewaste.org/company/our-mission.html>

Qmilk. 2016a. No food [viitattu 29.3.2016]. Saatavissa: <http://en.qmilk.eu/no-food/>

Qmilk. 2016b. Fiber [viitattu 29.3.2016]. Saatavissa: <http://en.qmilk.eu/products-2/qmilk-faser/>

Repreve. 2016. Recycled plastic bottles turned into amazing products we can use & wear every day, but it starts with you each time you recycle [viitattu 21.3.2016]. Saatavissa: <http://repreve.com/>

Sarasalo, R. 2015. Vaatekierrätyksen superkeksintö tulee Suomesta [viitattu 15.3.2016]. Saatavissa: <http://www.huililehti.net/vaatekierrätyksen-superkeksinto-tulee-suomesta/>

SCS Global Services. 2016. Recycled content certification [viitattu 2.4.2016]. Saatavissa: <https://www.scsglobalservices.com/recycled-content-certification>

Singtex Industrial Co., Ltd. 2015. Funcion [viitattu 3.4.2016]. Saatavissa: <http://www.scafefabrics.com/en-global/about/particular#>

Sitra. 2014. Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle [viitattu 10.2.2016].

Saatavissa: <https://www.sitra.fi/julkaisut/Selvityksi%C3%A4-sarja/Selvityksia84.pdf>

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2016. SFS, EN, ISO? [viitattu 4.4.2016]. Saatavissa:

[http://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi/sfs\\_en\\_iso](http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/sfs_en_iso)

Suomen tekstiili & muoti ry. 2014. Kotimaisesta koivusta tehty vaate muotinäytöksessä [viitattu 2.4.2016]. Saatavissa:

<http://www.stjm.fi/uutiset/kotimaisesta-koivusta-tehty-vaate-muotinäytöksessä/>

Suomen tekstiili & muoti ry. 2015. Tekstiilien kierrätys ja hyötykäyttö [viitattu 20.11.2015]. Saatavissa:

[http://www.stjm.fi/toimiala/vastuullisuus/tekstiilien-kierratys-ja-hyotykaytto.html#.Vk7Xwr8x\\_W7](http://www.stjm.fi/toimiala/vastuullisuus/tekstiilien-kierratys-ja-hyotykaytto.html#.Vk7Xwr8x_W7)

Suomen tekstiili & muoti ry. 2016. Standardisointi [viitattu 1.4.2016].

Saatavissa: <http://www.stjm.fi/toiminta-alueemme/standardisointi/>

Suomen Uusiomuovi Oy. 2016. Ainoa juomapakkaus joka kierrätetään kokonaan Suomessa [viitattu 18.3.2016]. Saatavissa:

[http://www.uusiomuovi.fi/fin/muovi\\_kiertaa/yritysesimerkkeja/pramia\\_plastic/](http://www.uusiomuovi.fi/fin/muovi_kiertaa/yritysesimerkkeja/pramia_plastic/)

SYKE. 2015. Suomen ympäristökeskus. Tekstiilijätteen kierrätyksen mahdollisuudet ja esteet (TEXJÄTE) [viitattu 2.3.2016]. Saatavissa:

<http://www.syke.fi/fi->

[FI/Tutkimus\\_\\_kehittaminen/Tutkimus\\_ja\\_kehittamishankkeet/Hankkeet/Tekstiilijätteen\\_kierrätyksen\\_mahdollisuudet\\_ja\\_esteet\\_TEXJATE](http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Tekstiilijätteen_kierrätyksen_mahdollisuudet_ja_esteet_TEXJATE)

Tekstiili 2.0. 2016. Villasta uutta [viitattu 24.3.2016]. Saatavissa:

<http://www.poistotekstiili.fi/236-2/>

Textile Exchange. 2012. Textile and product waste [viitattu 18.2.2016]. Saatavissa: <http://www.purewaste.org/media/pdf/textile-product-waste-fast-facts.pdf>

Textile Exchange. 2013. TE Recycled claim standard 2013 [viitattu 2.4.2016]. Saatavissa: <http://textileexch.wpengine.com/wp-content/uploads/2016/01/TE-Recycled-Claim-Standard-v1.pdf>

Textile Exchange. 2014a. Textile Exchange Global recycled standard, version 3.0 [viitattu 1.4.2016]. Saatavissa: <http://textileexchange.org/wp-content/uploads/2016/01/Global-Recycled-Standard-v3.pdf>

Textile Exchange. 2014b. Textile Exchange Global recycled standard, version 3.0, Logo use and labeling guide [viitattu 1.4.2016]. Saatavissa: <http://textileexchange.org/wp-content/uploads/2016/01/GRS-v3-Logo-Use-and-Labeling-Guide.pdf>

Textile Exchange. 2015. Companies Certified to the Global Recycled Standard [viitattu 1.4.2016]. Saatavissa: <http://textileexchange.org/wp-content/uploads/2016/01/GRS-Combined-List1.pdf>

The Guardian. 2014. Sweden reveals world's first garment made entirely from recycled cotton [viitattu 15.3.2016]. Saatavissa: <http://www.theguardian.com/sustainable-business/sustainable-fashion-blog/sweden-recycled-cotton-technology-fashion-composting>

The New Denim Project. 2015. The process [viitattu 15.3.2016]. Saatavissa: <http://www.thenewdenimproject.com/#!manufacturingprocess/cwvn>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2014. Jätteestä kierrätetyt aineet ja REACH [viitattu 3.4.2016]. Saatavissa: [http://www.kemikaalineuvonta.fi/Documents/reach/esitteet/J%C3%A4tteest%C3%A4Kierr%C3%A4tetytAineet\\_ja\\_REACH.pdf](http://www.kemikaalineuvonta.fi/Documents/reach/esitteet/J%C3%A4tteest%C3%A4Kierr%C3%A4tetytAineet_ja_REACH.pdf)

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2015a. Tekstiilit [viitattu 31.3.2016].

Saatavissa:

<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Tavaroiden-turvallisuusvaatimuksia/Tekstiilit/>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2015b. REACH-asetus [viitattu 3.4.2016].

Saatavissa: [http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-](http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Teollisuus--ja-kuluttajakemikaalit/REACH---asetus/)

[kasvinsuojeluaineet/Teollisuus--ja-kuluttajakemikaalit/REACH---asetus/](http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Teollisuus--ja-kuluttajakemikaalit/REACH---asetus/)

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2016. Standardit [viitattu 1.4.2016].

Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Standardit/>

Tutka. 2015. Vaatteiden kierrätys ongelmallista – miten saada

luonnonvarat takaisin käyttöön? [viitattu 17.3.2016]. Saatavissa:

<http://tutka.pro/?p=21196>

Unifi, Inc. 2013. Giving fabrics a second life [viitattu 21.3.2016].

Saatavissa:

<http://business.repreve.com/business/ProgramsAndProducts/TextileTakeBack.aspx>

Vanhatalo, M. 2006. Yleistä tekstiilikuiduista. Virtuaaliammattikorkeakoulu

[viitattu 8.3.2016]. Saatavissa:

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030507/1086702266491/1086705141427/1149670512798/1149670553764.html>

Vaude. 2016. Women's Skomer S jacket [viitattu 7.4.2016]. Saatavissa:

<http://www.vaude.com/en-FI/Products/Clothing/Jackets/Women-s-Skomer-S-Jacket-dark-petrol.html>

Voncina, B. 2015. Recycling of textile materials. 2BFUNTEX [viitattu

17.2.2016]. Saatavissa:

[http://www.2bfuntex.eu/sites/default/files/materials/Recycling%20of%20textile%20materials\\_Bojana%20Voncina.pdf](http://www.2bfuntex.eu/sites/default/files/materials/Recycling%20of%20textile%20materials_Bojana%20Voncina.pdf)



VTT. 2015a. Kuitujen talteenotto [viitattu 11.12.2015]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/palvelut/biotalous/korkean-suorituskyvyn-kuitumateriaalit/uusiutuvien-kuitujen-l%C3%A4hteet/kuitujen-talteenotto>

VTT. 2015b. Ainutlaatuinen tuotantokoe käynnissä: Poistopuuvillasta uutta kuitua tekstiiliteollisuudelle [viitattu 11.12.2015]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/ainutlaatuinen-tuotantokoe-k%C3%A4ynniss%C3%A4-poistopuuvillasta-uutta-kuitua-muotiteollisuudelle>

VTT. 2015c. Cellulose in a circular economy—When will trash become cash? [viitattu 15.2.2016]. Saatavissa: [https://www.youtube.com/watch?v=FeWkbemD6lQ&list=PLGtryDFw1zQ\\_PLYzLiXjbDc-hSFD3ZfOP&index=12](https://www.youtube.com/watch?v=FeWkbemD6lQ&list=PLGtryDFw1zQ_PLYzLiXjbDc-hSFD3ZfOP&index=12)

Wear2. 2016. Seam separation technology [viitattu 30.3.2016]. Saatavissa: <http://www.wear-2.com/Wear2-Datasheet.pdf>

Ympäristöministeriö. 2012. Ajankohtaista jätelain uudistuksesta [viitattu 19.11.2015]. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-fi/Ymparisto/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Ymparistonsuojelun\\_valmisteilla\\_oleva\\_lainsaadanto/Jatealan\\_lainsaadannon\\_kokonaisuudistus](http://www.ym.fi/fi-fi/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Ymparistonsuojelun_valmisteilla_oleva_lainsaadanto/Jatealan_lainsaadannon_kokonaisuudistus)

Ympäristöministeriö. 2013. Valtioneuvoston asetus rajoittaa orgaanisen jätteen sijoittamista kaatopaikalle [viitattu 19.11.2015]. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Valtioneuvoston\\_asetus\\_rajoittaa\\_orgaani%289922%29](http://www.ym.fi/fi-fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Valtioneuvoston_asetus_rajoittaa_orgaani%289922%29)

Ympäristöministeriö. 2015. Jätelainsäädäntö edistää luonnonvarojen järkevää käyttöä ja ehkäisee jätteistä aiheutuvia haittoja [viitattu 19.11.2015]. Saatavissa [http://www.ym.fi/fi-fi/Ymparisto/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Jatelainsaadanto](http://www.ym.fi/fi-fi/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Jatelainsaadanto)

Ympäristö.fi. 2015. Rikkinäisille tekstiileille erilliskeräys, tekstiilit pois jätevoimaloista uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen [viitattu 14.12.2015].  
Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Rikkinaisille\\_tekstiileille\\_erilliskeray%2833234%29](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Rikkinaisille_tekstiileille_erilliskeray%2833234%29)

*Suulliset lähteet*

Nurmi, A. 2015a. Yrittäjä. Nurmi Design Oy. Haastattelu 20.10.2015.

Pylysy, A. 2016. Standardisoinnista vastaava henkilö. Suomen Tekstiili & Muoti ry. Haastattelu 4.4.2016.

## LIITTEET

Liite 1. Suunnitteluprosessin vaikutusmahdollisuudet vaateen kierrätettävyyteen huomioonottaen koko vaateen elinkaari

