

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Kandidaatintyö

**SAIRAALATEKSTILIEN KIERRÄTYSMAHDOLLISUUDET
ETELÄ-KARJALAN PESULALLA**

Hospital textile recycling opportunities at Etelä-Karjalan Pesula

Työn tarkastaja: Professori, TkT Mika Horttanainen
Työn ohjaaja: Laboratorioinsinööri, TkL Simo Hammo

Lappeenrannassa 23.12.2017

Mitja Hokkanen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Mitja Hokkanen

Sairaalatekstiilien kierrätysmahdollisuudet Etelä-Karjalan Pesulalla

Kandidaatintyö

2017

36 sivua, 2 taulukkoa ja 6 kuvaa

Työn tarkastaja: Professori, TkT Mika Horttanainen

Työn ohjaaja: Laboratorioinsinööri, TkL Simo Hammo

Hakusanat: tekstiilijäte, kierrätys, sairaalatekstiilit
Keywords: textile waste, recycling, hospital textiles

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on löytää uusia kierrätysratkaisuja Etelä-Karjalan Pesulalta poistettaville sairaalatekstiileille. Selvitystä varten tehdään vierailut Pesulalle ja Etelä-Karjalan keskussairaalalle, sekä puhelinhaastattelu osan poistotekstiileistä hyödyntävälle Tauko Designille. Pohjatietona tutustutaan erilaisiin kierrätystekniikoihin ja tekstiilijätteen nykytilanteeseen.

Sairaalatekstiilit ovat pääosin tavanomaisia, luonnon- ja sekoitekuiduista valmistettuja liina-, potilas- ja työvaatteita, joten niiden kierrätysmahdollisuudet eivät merkittävästi poikkea muista tekstiileistä. Nykyiseen hyötykäyttöön Pesulalta saadaan kankaat, kuten lakanat, jotka eivät sisällä ylimääräisiä osia. Energiajätteeksi päättyy nyt reilut neljä tonnia tekstiilejä vuodessa, mutta tarkemmin lajiteltuna tästä suurimmalle osalle voisi löytyä sopivia kierrätysratkaisuja. Jätteen määriä mahdollisesti vähentävää, pienten vikojen käytönaikaista seuraamista kannattaa jatkaa. Työssä esitettyjen kehitysideoiden käytännön toteutus riippuu myös kierrätysyritysten tarjonnasta ja eri vaihtoehtojen hinnoista.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	2
1.1	Tekstiilikuidut ja kierrätyksen tarve.....	2
1.2	Case: Sairaalatekstiilit Etelä-Karjalan Pesulalla	2
2	TEKSTIILIT JA KIERRÄTYS	4
2.1	Tekstiiliala Suomessa.....	5
2.1.1	Kauppavaihto.....	5
2.1.2	Lainsäädäntö ja muu ohjeistus.....	6
2.1.3	Poistotekstiilit	6
2.2	Kierrätysratkaisuja Suomessa ja maailmalla.....	8
2.2.1	Hankkeet Suomessa, Pohjoismaissa ja EU:ssa.....	8
2.2.2	Keräys ja lajittelu.....	10
2.2.3	Tekstiilien uudelleenkäyttö	11
2.3	Yhteenveto ja tulevaisuudennäkymiä	12
3	KIERRÄTYSTEKNIIKAT	13
3.1	Uudelleenvalmistus	13
3.2	Mekaaninen kierrätys	13
3.2.1	Tekstiilijäte eristysmateriaalina.....	14
3.3	Kemiallinen kierrätys	16
3.3.1	Selluloosakuitujen kierrätys	16
3.4	Muita käyttökohteita	17
3.4.1	Komposiittia tekstiilijätteestä	18
3.5	Yhteenveto ja ympäristövaikutukset	19
4	SAIRAALATEKSTIILIT ETELÄ-KARJALAN PESULALLA.....	21
4.1	Sairaalatekstiilien ominaisuuksia	21
4.2	Tekstiilikierto	23
4.2.1	Etelä-Karjalan keskussairaala.....	23
4.2.2	Etelä-Karjalan Pesula	23
4.2.3	Tauko Design.....	25
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	26
5.1	Kehitysideoita nykyiseen toimintaan	26
5.2	Uusien kierrätystekniikoiden soveltuvuus	27
6	YHTEENVETO.....	29
	LÄHTEET	30

1 JOHDANTO

1.1 Tekstiilikuidut ja kierrätyksen tarve

Tekstiileillä tarkoitetaan tuotteita, joiden painosta vähintään 80 prosenttia on erilaisia tekstiilikuituja. Kuitumateriaalit voivat olla luonnonkuituja, synteettisiä tai selluloosamuuntokuituja. (Euroopan komissio, 2017a, 3.) Vuonna 2010 näitä kuituja kului maailmalla yhteensä 69 782 miljoonaa tonnia. Luonnonkuidut, kuten puuvilla ja pellava, ovat lähivuosina tehneet tekstiiliteollisuudessa tilaa synteettisille kuiduille, joiden osuus maailmalla käytetystä kokonaismäärästä on kasvanut jo yli 60 prosenttiin. (FAO ja ICAC, 2013, 3–4.) Usein valmiissa tekstiilituotteissa on monia kuitutyyppisiä, ja synteettisten osuus vaihtelee tuotteen laadun ja käyttötarkoituksen mukaan.

Eniten puuvillaa tuotetaan ja myös käytetään Kiinassa, Intiassa ja Yhdysvalloissa (FAO ja ICAC, 2013, 3; ICAC, 2013, 7). Sen viljely on haasteellista, sillä toiminnassa kuluu paljon vettä ja tehokas viljely vaatii oikeanlaisen maa-alueen. Puuvillakasvin ravinteentotto kyky on heikko, joten kastelun lisäksi peltoja joudutaan usein lannoittamaan. (Baydar et al., 2015, 4.) Pellot ovat myös herkkiä tuholaisille, ja sadon turvaamiseksi on käytössä myrkyllisiä torjunta-aineita. Vaikka puuvillan viljelysalueet käsittävät vain muutaman prosentin maailman viljelyskelpoisesta pinta-alasta, on arvioitu, että toiminnassa kuluu noin kymmenesosa kaikkialla käytetystä torjunta-ainemäärästä (Bevilacqua et al., 2014, 1–2). Energiankulutuksessa puuvillan ympäristöhaitat taas jäävät noin puolet pienemmiksi kuin synteettisillä kuiduilla (Muthu et al., 2012, 5). Synteettiset materiaalit ovat usein öljypohjaisia, mikä tuo lisää haasteita kestäväälle tuotannolle.

Tekstiilien raaka-aineisiin liittyy siis paljon erilaisia ympäristöriskejä. Luonnonmukaisesti tuotetun puuvillan osuus onkin kasvanut 2000-luvulla, ja siinä on nähty paljon potentiaalia tulevaisuudessa (ICAC, 2013). Tekstiilialalla on myös valtava kysyntä uuden raaka-aineen tarvetta vähentäville kierrätysratkaisuille.

1.2 Case: Sairaalatekstiilit Etelä-Karjalan Pesulalla

Saimaan Tukipalvelut Oy on Lappeenranta-konserniin kuuluva kunnallinen osakeyhtiö, jonka tehtävänä on tuottaa erilaisia huoltopalveluja, kuten ruoka- ja kunnossapitopalveluja

alueelle (Saimaan Tukipalvelut Oy, 2017). Yhtiön tekstiilihuolto toimii nimellä Etelä-Karjalan Pesula (myöhemmin Pesula). Sairaalatekstiilit ovat suurin yksittäinen tekstiiliryhmä, mitä Pesula käsittelee toimipisteessään Lappeenrannassa. Vastuualueeseen kuuluvat terveydenhuollossa kiertävät, Pesulan omistamat tekstiilit yhteensä noin 170 000 asukkaan alueelta. Suurin asiakas on Etelä-Karjalan keskussairaala. (Salmela, haastattelu 2.10.2017.) Pesula on sitoutunut toiminnassaan ympäristönsuojelutason jatkuvaan parantamiseen, ja tähän velvoittaa myös käytössä oleva, standardin ISO 14001 mukainen ympäristöjärjestelmä (Etelä-Karjalan Pesula, 2017). Tämän kandidaatintyön alkuperäinen aihe-ehdotus tulikin järjestelmää Pesulalla ylläpitävän ENW Management Oy:n kautta.

Toisinaan pesun jälkeen Etelä-Karjalan Pesulalla löydetään huonokuntoisia tekstiilejä, joita ei enää voida palauttaa alkuperäiseen käyttöönsä. Tämän kandidaatintyön tavoitteena on löytää tapoja poistettavien sairaalatekstiilien kierrätyksen lisäämiseksi. Pohjatietona työn alussa on teoriaosuus, jossa tarkastellaan tekstiilijätteen nykytilaa yleisesti ja esitellään muutamia kierrätystekniikoita. Sitten case-tilanteena tutkitaan tekstiilien kiertoa Pesulalla ja muilla toimijoilla. Tätä varten tehdään haastattelut Pesulalle, Etelä-Karjalan keskussairaalalle sekä Tauko Designille, joka vastaanottaa osan poistotekstiileistä uusiokäyttöön. Selvitys rajataan vain sairaalatekstiileihin, joten muut Pesulalla kiertävät tuotteet jäävät työn ulkopuolelle. Tutkimuksen jälkeen pohditaan, voisiko löydettyjä tietoja soveltamalla vähentää loppusijoitettavan jätteen määrää ja lisätä poistotekstiilien hyötykäyttöastetta.

2 TEKSTIILIT JA KIERRÄTYS

Tässä luvussa tutustutaan Suomen ja muun maailman nykyiseen tekstiilitalanteeseen. Kierätyksestä kerrottaessa keskitytään lähinnä käytöstä poistettaviin tekstiileihin, joten leikkujäte ja muut tuotantovaiheen häviöt on jätetty tarkastelun ulkopuolelle.

Tekstiiliala on todella laaja kokonaisuus, sillä raaka-aineita, erilaisia välituotteita ja tekstiilien lopullisia käyttökohteita on paljon. Tahvanainen ja Pajarinen (2014, 7) jakavat sen viiteen toimialaluokkaan: tekstiilien valmistukseen, vaatteiden valmistukseen, nahan ja nahkatuotteiden valmistukseen, tekstiilihuoltopalveluihin ja vähittäiskauppaan. Tekstiilien tuotanto keskittyy halvan työvoiman maihin, ja Kiina vastaa yksin lähes puolesta maailman tekstiiliviennistä. Jotkin alan yritykset ovat päättäneet siirtää tuotannon lähemmäs kotipaikaansa herättyään vastuukysymyksiin sekä laatuongelmiin tuotteidensa alkuperän hämärtyessä. (Tahvanainen ja Pajarinen, 2014, 19–27.)

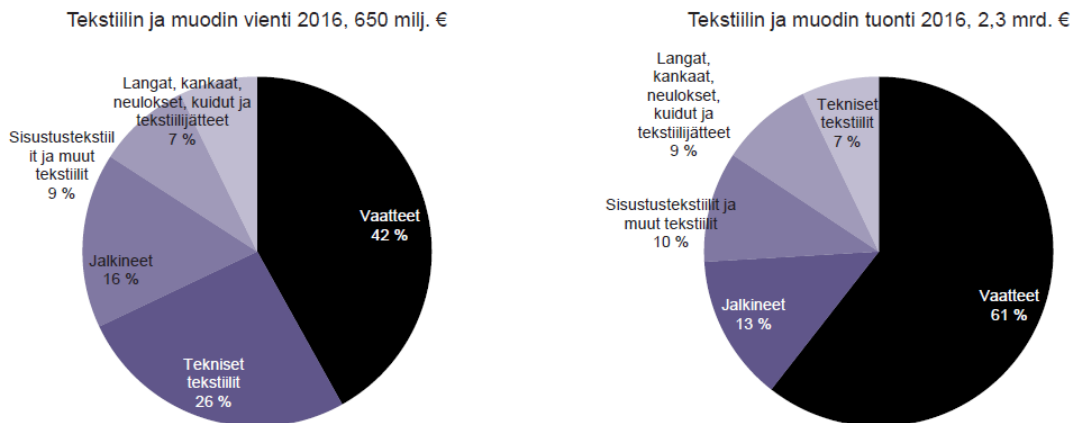
Maailman tekstiilivirtojen seuraaminen on haastavaa, sillä tilastointi on osin puutteellista ja epäyhtenäistä. Tarkoissa kauppatilastoissa, kuten YK:n Comtrade-tietokannassa, tekstiilit välituotteineen jakaantuvat satoihin erilaisiin tullinimikkeisiin. Tietojen puuttuessa EU-maiden välisessä kaupassa joudutaan tuotteen alkuperäksi usein merkitsemään vain tavaran lähetysmaa (STJM, 2017, 19). Tekstiilien raaka-aineena käytettävien kuitujen kulutusta maailmalla on kuitenkin pystytty seuraamaan melko hyvin. Tilastoista on huomattu, että kehittyvissä maissa käytetään merkittävästi enemmän synteettisiä kuituja kuin kehittyneissä maissa (FAO ja ICAC, 2013, 6). Voidaan siis todeta, että eri puolilla maailmaa tuotetuissa tekstiileissä on merkittäviä laatueroja, jotka osaltaan vaikuttavat niiden kestävyteen. Suomessa tätä pyritään hallitsemaan lainsäädännöllä ja muilla ohjeilla, joita esitellään myöhemmin tässä luvussa.

2.1 Tekstiiliala Suomessa

2.1.1 Kauppavaihto

Vuonna 2012 Suomessa otettiin uusia tekstiilejä käyttöön arviolta 72 miljoonaa kiloa (Aalto, 2014, 7). Tekstiilivirtoja leimaa ulkomaisen tavaran suuri osuus. Vuonna 2016 Suomeen tuotujen tekstiilien arvo oli noin 3,5 kertaa suurempi kuin vientitekstiilien (STJM, 2017). Suomen oma tekstiiliteollisuus onkin melko pienimuotoista, ja vaikuttaisi perustuvan pitkälle erikoistuneisiin tuotteisiin: esimerkiksi teknisten tekstiilien vienti on suhteellisen runsasta (Kuva 1). Syyskuussa 2017 tekstiilien ja vaatteiden valmistus käsittivät yhteensä vain prosentin koko Suomen teollisuuden jalostusarvosta (Tilastokeskus, 2017a).

Suomen tekstiili- ja muotialan suurimmat vientikohteet vuonna 2016 olivat Ruotsi (24 % viennin arvosta), Saksa (13 %) Venäjä (11 %) ja Viro (7 %). Eniten tekstiilejä tuotiin Kiinasta (31 % tuonnin arvosta), Bangladeshista (7 %), Ruotsista ja Saksasta (6 % molemmista). Osa Ruotsin ja Saksan tuonnista perustuu kuitenkin aiemmin mainittuun EU-maiden väliseen merkintätapaan, jossa nämä todellisuudessa ovat vain muualla valmistettujen tuotteiden lähetysmaita. (STJM, 2017.)



Kuva 1. Suomen tekstiilivienti ja -tuonti 2016 tuoteryhmittäin (STJM 2017, 17). Lähteenä mainittu Tullin tilastot.

2.1.2 Lainsäädäntö ja muu ohjeistus

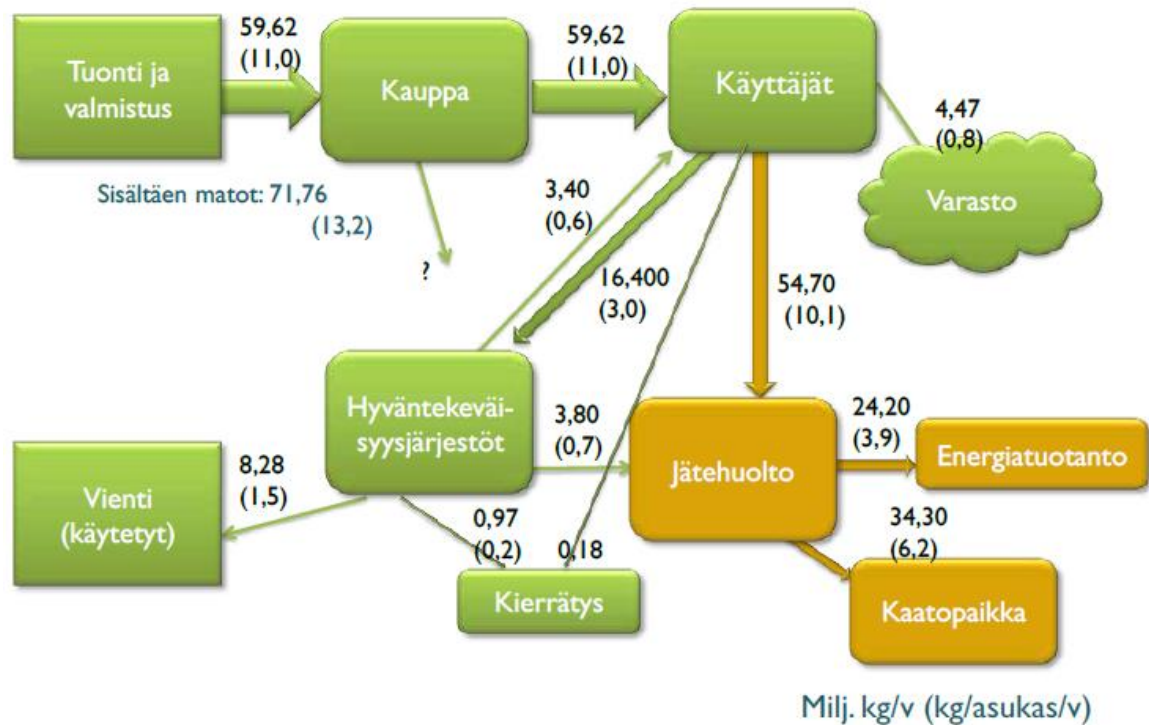
Tekstiilien laatua ja turvallisuutta ylläpidetään Suomessa erilaisilla laeilla sekä säädöksillä ja kaikki toiminnanharjoittajat ovat vastuussa tuotteistaan. Tulli ja Tukes valvovat asetettujen vaatimusten täyttymistä pistokokeilla ja tarvittaessa puuttuvat toimintaan. (Tukes, 2016.) Kuluttajaturvallisuuslain (22.7.2011/920) mukaan tekstiilit eivät saa aiheuttaa minkäänlaista vaaraa kuluttajalle, ja EU:n asetus 1007/2011 velvoittaa ilmoittamaan tuoteselosteessa kaikki tekstiilin sisältämät kuidut ja niiden painoprosentit. Tukesin (2016) mukaan tyypillisimmät tekstiilien turvallisuusongelmat liittyvät formaldehydin ja muiden vaarallisten kemikaalien käyttöön sekä joidenkin tuotteen osien, kuten nauhojen, aiheuttamiin vaaroihin lapsille. Formaldehydin enimmäismääristä tekstiilituotteissa on säädetty valtioneuvoston asetus (10.5.2012/233), ja muita kemikaaleja säädelään EU:n REACH-asetuksilla. Suomen standardisoimisliiton SFS-standardeihin on koottu yksityiskohtaisempia vaatimuksia ja niiden testausmenetelmiä. Standardeihin palataan sairaalatekstiilien osalta luvussa 4.1.

Tekstiilien kierrätyksestä ei juurikaan ole sitovaa lainsäädäntöä, eikä Suomen jätelaisakaan erikseen tekstiileihin liittyviä kohtia. Jätelain (17.6.2011/646) 8. pykälän mukaan kaikessa toiminnassa on kuitenkin noudatettava etusijajärjestystä: ensisijaisesti estetään jätteen synty, toiseksi pyritään materiaalin uudelleenkäyttöön. Kierrätys ja jätehuolto ovat siis vasta viimeisiä vaihtoehtoja, vaikka etusijajärjestyksen soveltamista ei laissa sen tarkemmin määritelläkään. Tärkeimpänä sitovana ohjeena toimii Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (331/2013), jonka mukaan tavanomaisen jätteen kaatopaikalle ei saa sijoittaa jätettä, jossa orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus on yli 10 prosenttia. Nykyään tekstiilit täytyy siis vähintäänkin viedä muun jätteen mukana polttolaitokselle energiakäyttöön. Tässä kuitenkin menetetään arvokasta materiaalia, jonka kierrätykseen kuluttajia ja yrityksiä kannustetaan kevyemmällä ohjeistuksella.

2.1.3 Poistotekstiilit

Suomessa vanhoja tekstiilejä poistettiin käytöstä yhteensä noin 71 miljoonaa kiloa vuonna 2012, suurin osa kuluttajilta ja vain noin kymmenesosa laitostalouksilta. Poistotekstiileistä noin 72 % meni jätteeksi, 22 % hyväntekeväisyysjärjestöille ja loput jäivät varastoon tilastoinnin ulkopuolelle. Hyväntekeväisyysjärjestöjen vastaanottamasta määrästä noin puolet vietiin ulkomaille, 6 % korjattiin kierrätykseen ja reilu viidennes jätteeksi. Jätehuollon piiriin

päätyi tekstiiliä yli 58 miljoonaa kiloa, josta 34,3 milj. kg kaatopaikoille, loput energiantuotantoon poltettavaksi (Kuva 2). Pesulatoiminnasta tekstiilejä poistettiin yhteensä 567,6 tonnia, tästä suurin osa energiajätteeksi. (Aalto, 2014.)



Kuva 2. Suomen tekstiilivirta 2012 (Aalto, 2014; Dahlbo et al., 2015).

Uudempana tietona Tilastokeskuksen (2017b) jätetilaston mukaan vuonna 2015 syntyi 16,344 milj. kg tavanomaista tekstiilijätettä, josta tekstiilien, vaatteiden, nahan ja nahkatuotteiden valmistuksesta oli peräisin 5,422 miljoonaa kiloa. Nämä ovat kuitenkin vain yritysten jätemääriä, sillä kotitalouksien lukuja ei ole erikseen saatu. Samana vuonna Suomen jätehuollossa käsiteltiin 11,514 milj. kg tavanomaista tekstiilijätettä, josta suurin osa yllättäen materiaalihyödyntämiseen. (Tilastokeskus, 2017b.) Jätetilaston tiedot ja lukujen suuruusluokka vaikuttaisivat olevan hieman ristiriidassa Kuluttajatutkimuskeskuksen (Aalto, 2014) selvityksen kanssa, vaikka nämä ovatkin eri vuosilta. Erot selittyvät sillä, että Tilastokeskus on todennäköisesti pystynyt luokittelemaan tekstiilijätteeksi vain erikseen kerätyt poistotekstiilit, joista suurin osa on epäilemättä saatukin hyödynnettyä materiaalina. Tilastojen vertailukelpoisuutta ei voi tarkistaa, sillä Tilastokeskuksen jätetilastossa 2012 ei vielä eritelty

tekstiilejä. Tuoreempaa koontitietoa koko Suomen tekstiilivirroista ei ole kerätty, mutta voidaan todeta, että jätteen energiakäyttö on lisääntynyt merkittävästi orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellon (Valtioneuvoston asetus 331/2013) myötä.

Kuten edellä mainittu ongelmakin todistaa, Suomen tekstiilijätteen määriä ei ole seurattu kovin tarkasti. Tämä johtuu lähinnä siitä, että poistotekstiilit on pitkään mielletty vain osaksi muuta kotitalousjätettä. Alueellisten jätehuoltofirmojen koostumustutkimuksissa on kuitenkin arvioitu myös tekstiilien osuutta sekajätteestä. Jätelaitosyhdistys (JLY, nykyään Suomen Kiertovoima) on koonnut näistä tutkimuksista verkkosivuilleen koostumustietopankin, jonka mukaan kotitalouksien sekajätteestä noin 5,9 prosenttia on tekstiilejä ja jalkineita. Pääkaupunkiseudulla vuonna 2015 tekstiilit ja jalkineet kattoivat kotitaloussekajätteestä noin viisi prosenttia, eli tekstiilijätettä syntyi arviolta 8,9 kilogrammaa asukasta kohden. Sairaaloiden jätteestä tekstiilien osuus oli yllättäen vain prosentin luokkaa. (HSY, 2016, 36–40.) Tuloksista ei kuitenkaan selviä, lasketaanko sairaaloiden jätteisiin myös muiden toimijoiden, kuten pesuloiden, kautta poistetut tekstiilit. Paikallisia selvityksiä ei myöskään voida suoraan yleistää koko maan tilanteeksi.

Luvussa 2.1.1 esiteltyjen tuotteiden lisäksi jätetekstiilejäkin viedään Suomesta ulkomaille. Tullin kauppavaihtotilaston (2017) mukaan vuonna 2016 Suomesta vietiin ulkomaille 13 791 tonnia lumppeja ja muita tekstiilitavaroiden jätteitä. Niitä myös tuotiin Suomeen, vaikka merkittävästi vähemmän, 969 tonnia. Jätteen osuus koko tekstiilikauppavaihdossa on melko pieni: Suomen Tekstiili & Muoti ry:n (STJM, 2017) mukaan 7 % viennistä ja 9 % tuonnista, kun mukaan lasketaan muutkin materiaalina kulkevat tuotteet, kuten langat (Kuva 1).

2.2 Kierrätysratkaisuja Suomessa ja maailmalla

2.2.1 Hankkeet Suomessa, Pohjoismaissa ja EU:ssa

Suomessa on lähiaikoina toteutettu monta tekstiilikiertoon liittyvää projektia. Esimerkiksi vuosina 2013-2015 järjestetyssä, Suomen ympäristökeskuksen TEXJÄTE -hankkeessa tutkittiin tekstiilijätteen kierrätyksen mahdollisuuksia ja esteitä. Tarkastelun kohteiksi valittiin

kuluttajan rooli, Suomen tekstiilivirrat, yhteiskunnalliset ohjauskeinot kierrätyksen lisäämiseksi sekä eri hyödyntämistekniikoiden soveltuvuus käytännössä. Elinkaariarvioinnin perusteella myönteisin ympäristövaikutus saatiin niissä skenaarioissa, joissa kierrätysmateriaalin osuus tekstiilituotannossa oli mahdollisimman suuri. Vahvin muutoksen tarve löydettiin tekstiilijätteen erilliskeräyksen tehostamisesta ja kemiallisten kierrätysvaihtoehtojen kehittämisestä. (Dahlbo et al., 2015.) Muita suomalaisia tekstiilikierrätysprojekteja ovat Lounais-Suomen jätehuollon ja Turun Ammattikorkeakoulun Tekstiili 2.0, sekä siitä laajemmin jatkava Telaketju -hanke.

Tekstiilien kulutus on kasvanut kaikissa Pohjoismaissa 2000-luvulla. Kulutuskulttuurin muutoksen ja tekstiilien uusiokäytön lisäksi myös kierrätys on otettu tarkasteluun materiaalitehokkuuden lisäämiseksi. Pohjoismaisen yhteisselvityksen mukaan käyttökelpoisia tekstiilejä kerätään jo eteenpäin lähes kaikkialla, mutta vapaaehtoistoimijoiden lisäksi ratkaisuun kaivataan uusia toimijoita. Nykyään suurin osa erilliskerätystä tekstiilistä päätyy halvemman työvoiman maihin lajiteltavaksi ja jatkokäyttöön. Varsinkin huonokuntoisten tekstiilien hyödyntämisessä ja erilaisissa lajittelutekniikoissa on nähty vielä paljon kehittämisen varaa. Voimassa olevasta lainsäädännöstä on löydetty muutamia esteitä kierrätyksen tehostamiselle: poistotekstiilien luokittelu jätteeksi vaikeuttaa keräyslupien saantia, ja mahdolliset arvonnisäverot voivat tehdä toiminnasta kallista. (Palm et al., 2014, 61–66.)

Pohjoismainen yhteistyöverkosto Norden esittelee raportissaan (Palm et al., 2015) yhteensä 13 tarpeellista muutosta, joilla Pohjoismaisen tekstiilialan ympäristövaikutuksia saadaan parannettua. Muutoksia ovat mm. läpinäkyvyyden lisääminen, kuluttajien käyttäytyminen, tekstiilien aktiivisen eliniän pidentäminen, keräämisen ja sen laadun parantaminen, lajittelu, uudelleenkäyttö ja kierrätys sekä myrkyllisten yhdisteiden vähentäminen tekstiileissä. Näiden toteuttaminen voisi tuoda Pohjoismaihin yhteensä 4000 työpaikkaa ja 30 000 työharjoittelumahdollisuutta, sekä nostaa paikallisen tekstiilialan kannattavuutta kestäväällä tavalla. (Palm et al., 2015, 11.)

EU:n alueella tekstiilejä poistetaan käytöstä arviolta 5,8 miljoonaa tonnia vuodessa (Zamani et al., 2015, 1). Tästä jätteen määrä on yli kolme miljoonaa tonnia (VTT, 2016). Euroopan

komissio on julkisten hankkijoiden ympäristövalintoja helpottaakseen julkaissut uuden kriteeristön ympäristöä säästävälle toiminnalle (Green Public Procurement, GPP). Tekstiilejä ja -palveluja koskevassa valmisteluasiakirjassa (Euroopan komissio, 2017a) kehoitetaan maksimoimaan kierrätysmahdollisuudet elinkaaren jokaisessa vaiheessa. Komissio suosittelee muun muassa hankkimaan vain helposti kierrätettävää materiaalia, ja sopimaan poistotekstiilin vastaanotosta tekstiilin tarjoajan kanssa jo hankintavaiheessa. Hintakilpailun lisäksi muutkin tekijät voisivat siis ohjata julkisen sektorin tekstiilihankintoja. Komission (2017a, 36) mukaan käytöstä poistettujen tekstiilien arvo kierrätysmarkkinoilla on noin 250-560 euroa tonnilta.

EU-tasolla merkittävin käynnissä oleva tekstiilikierrätys hanke on vuonna 2015 aloitettu Trash-2-Cash -projekti, jonka päätavoitteena on mahdollistaa erilaisten kuitumateriaalien kierto jätteestä takaisin uusiin tuotteisiin. Suomalaisista toimijoista mukana ovat Teknologian tutkimuskeskus VTT, Aalto-yliopisto sekä lastenvaatevalmistaja Reima. Tähän mennessä projektissa on mm. julkaistu tietoa tekstiilien kierrätyksestä ja kokeiltu erilaisia kierrätysmenetelmiä puuvillalle. (EU, 2017; VTT, 2016.)

2.2.2 Keräys ja lajittelu

Suomen suurin vaatekerääjä, UFF, sai 14,2 miljoonaa kiloa vaatelahjoituksia vuonna 2016. Suurin osa tästä määrästä päätyi tukkumyynnin kautta uudelleenkäyttöön, ja saaduilla tuotoilla rahoitettiin ympäristö- ja kehitysyhteistyötä. Tarkan lajittelun ansiosta UFF kertoo saavuttaneensa 97 prosentin jälleenkäyttöasteen. (UFF, 2017.) Toisena esimerkkinä lajittelun tärkeydestä on Humppilassa keväällä 2013 järjestetty Texvex-pilottikeräys, jossa nuorten työpajalla käsiteltiin asukkaiden tuomia poistotekstiilejä viiden kuukauden ajan. Lopulta kassassa oli noin kahdeksan tonnia tekstiiliä, suurin osa materiaaliltaan puuvillaa. Lajiteltuna lähes kaikki materiaali saatiin kiertoon, eikä energijätteeksi päätynyt kuin 9 prosenttia. (Ympäristöministeriö, 2014.) Tarkka erilliskeräys siis helpottaisi tekstiilijätteen käsittelyä, mutta Suomessa ei vielä järjestelmällisesti kerätä muuta kuin hyväkuntoisia vaatelahjoituksia. Poistovaatteita myyvä ja Eurooppaan kierrätykseen ohjaava Recci aikoo kuitenkin rakentaa kattavan tekstiilien keräysverkoston Suomeen (Lamminen, 2017). Lisäksi moni vaate myymälä on alkanut ottaa kaiken kuntoisia poistotekstiilejä vastaan.

Maailmalta löytyy muutamia esimerkkejä tehokkaasta tekstiilikeräyksestä. Suurimpiin tekstiilikierrättäjiin kuuluva, eurooppalaislähtöinen The SOEX Group kerää päivittäin yli miljoona kiloa tekstiiliä 85 maassa. Osana SOEX:a toimivan European Recycling Companyn mukaan tämä määrä lajitellaan yli 400 eri luokkaan, minkä avulla jopa 62 % saadaan uusiokäyttöön ja 32 % uusiin tuotteisiin. (European Recycling Company, 2017.) Samaan toimintaan liittyy myös kansainvälinen I:Collect (I:CO), joka on saanut keräyssysteemiinsä mukaan suuria vaateketjuja ja -valmistajia, esim. H&M ja Adidas (I:Collect, 2017). Ranskassa tuottajavastuu on laajennettu pakolliseksi tekstiileille: vaatteita, jalkineita ja liinavaatteita valmistavien yritysten täytyy joko osallistua valtiollisen keräysjärjestelmän rahoitukseen tai perustaa oma kierrätysjärjestelmä tekstiileille (Palm et al., 2014, 91).

Käsin lajittelu on työvoimakustannusten vuoksi kallista varsinkin länsimaissa, joten teolliseen käyttöön on etsitty myös automaattisia tekstiilijätteen lajittelusysteemejä. Vuosina 2009-2012 miljoonarahoituksen saaneessa Textiles for Textiles (T4T) -projektissa kehitettiin käyttökelpoimmille poistotekstiileille automaattista laitteistoa, joka tunnistaisi tuotteen kemiallisen koostumuksen ja värin (Euroopan komissio, 2017b). Projektin seurauksena belgialainen Valvan Baling Systems on tuonut markkinoille uuden Fibersort-tekniikan, jossa NIR-spektroskopian avulla pystytään lajittelemaan liukuhihnalla kulkevat tekstiilit niiden kuitukoostumuksen mukaan. Laitteistoon voidaan lisätä myös väriskanneri. (Valvan Baling Systems, 2017.) Palmin et al. (2014, 127) mukaan värin huomiointi lajittelussa vähentää haitallisten aineiden ja energian tarvetta kierrätyksessä, sillä uudelleenvärijäystä ei tarvita. Suuri puolalainen VIVE Textile Recycling ilmoittaa myös käyttävänsä automaattista systeemiä lajittelunsa loppuvaiheessa.

2.2.3 Tekstiilien uudelleenkäyttö

Uudelleen käyttämällä jätettä saadaan vähennettyä, sillä tekstiilit pysyvät pidempään kierrossa. Käytettyjen vaatteiden kansainvälisen kaupan arvoksi arvioitiin vähintään 3,65 miljardia Yhdysvaltain dollaria (USD) vuonna 2012. Samana vuonna EU-maista lähetetyt tekstiilit olivat arvoltaan noin 1,44 mrd. USD. Länsimaat ovatkin merkittäviä lähetyspaikkoja, monessa Afrikan maassa taas noin 80 % väestöstä pukeutuu pääasiassa käytettyihin vaatteisiin. Suurimpia käytettyjen vaatteiden vastaanottajia ovat Venäjä, Pakistan, Malesia, Uk-

raina ja Kanada. Kuten Pohjoismaissa ja Euroopassa, myös maailmanlaajuinen tekstiilike-räys on usein hyväntekeväisyysjärjestöjen varassa. Käytettyjen vaatteiden osuus eri maiden tekstiilikaupasta vaihtelee paljon, ja osittain juuri globaalin kysynnän vuoksi Pohjoismais-sakin on kerätty hyväkuntoisia tekstiilejä jo pitkään. (BIR, 2017; Palm et al., 2014, 71–75.)

2.3 Yhteenveto ja tulevaisuudennäkymiä

Tekstiiliala on todella hajanainen kokonaisuus, jossa lopullinen tuote on yleensä kulkenut usean toimijan kautta. Myös käytöstä poistettavien tekstiilien reitit ovat monimutkaisia, jo-ten alasta on vaikea antaa selkeää kokonaiskuvaa nopeasti. Tekstiilivirroista ei juurikaan ole yhtenäistä tilastointia, eli tässäkin työssä esitellyt luvut ovat vain suuntaa-antavia. Voidaan kuitenkin todeta, että poistotekstiilien määrät ovat merkittäviä ja nykyiset kierrätysysteemit riittämättömiä kaiken materiaalin hyötykäyttöön. Vakiintunein järjestelmä vaikuttaisi olevan ehjien vaatteiden uusiokäytöllä, kun taas esimerkiksi kuitumateriaalien kierrätyksessä ei vielä ole päästy samanlaiseen mittakaavaan. Niinpä Suomessakin päätyy paljon tekstiilijä-tettä poltettavaksi.

Tekstiilien kulutuksen on ennustettu lisääntyvän lähivuosina, myös Pohjoismaissa (Palm et al., 2015, 12). Uusille kierrätysratkaisuille on siis kasvava kysyntä, mihin onkin jo herätty monella taholla. Meneillään on tutkimusvaihe, jossa suurimmat ongelmakohdat tunniste-taan, mutta niiden korjaamiseksi tarvitaan vielä muutoksia kierron jokaiseen vaiheeseen. Tuottajavastuun laajentamisesta on hyviä kokemuksia muualta, ja itse jätteen määrää pys-tyisi vähentämään valistamalla kuluttajia kestävämpiin hankintoihin (Dahlbo et al., 2015, 63). Jättemäärien tarkka tilastointi auttaisi kierrätyslaitosten mitoittamisessa, mikä helpottaisi niiden käyttöönottoa. Tekstiilijätteen erilliskeräystä voidaan lisätä ja monipuolistaa, kun kä-sittelykapasiteetti kasvaa uusien kierrätystekniikoiden yleistyessä.

3 KIERRÄTYSTEKNIIKAT

Kierrätyksessä tekstiilikuidut pyritään saamaan talteen erilaisten tekniikoiden avulla. Yleisimmät kierrätystekniikat voidaan jakaa mekaanisiin, kemiallisiin, termisiin ja yhdistelmätekniikoihin. Suljetussa kierrossa (closed loop recycling) tavoitteena on valmistaa uusia tekstiilituotteita, avoimessa kierrossa (open loop recycling) kuidut taas hyödynnetään muihin tarkoituksiin. (Palm et al., 2014, 133–138.) Arviolta 95 prosenttia kaikista tekstiileistä on mahdollista käyttää uudelleen tai kierrättää. Ainoana esteinä tälle pidetään hometta, liuottimia ja muuta saastumista. (SMART, 2017.) Tekstiilit ovat siis monikäyttöistä materiaalia alkuperäisen tuotteen hajottuakin. Tässä luvussa yleisimmät kierrätystekniikat esitellään tutkimustiedon ja esimerkkiyritysten avulla.

3.1 Uudelleenvalmistus

Uudelleenvalmistuksessa poistotekstiilien kankaista tehdään uusia vaatteita tai muita tekstiilituotteita. Alan tunnetuimpia suomalaisyrityksiä on Globe Hope, joka hyödyntää vaatemallistossaan mm. armeijoiden poistoja, työvaatteita, purjeita ja turvavöitä. Myös sairaalatekstiilit mainitaan raaka-aineeksi yrityksen kotisivuilla. Kierrätystuotteiden sarjavalmistus on haasteellista, sillä käytetty materiaali vaatii lajittelua ja pesua, joiden lisäksi varastointi ja käsin tapahtuva leikkaus tuovat kustannuksia. Yhtiö aikoo kuitenkin laajentaa toimintaansa Eurooppaan. (Globe Hope, 2017.) Kotimainen TouchPoint taas on valmistanut monen asiakasyrityksen omista poistoista tilalle uusia työvaatemallistoja. Myös osa Etelä-Karjalan Pesulan poistotekstiileistä viedään uudelleenvalmistukseen: Tauko Designin toimintaa esitellään osana Pesulan tekstiilikiertoa luvussa 4.2.3.

3.2 Mekaaninen kierrätys

Mekaaninen kierrätys on tekniikoista ylivoimaisesti käytetyin. Kun tekstiilit on lajiteltu halutulla tavalla, ne revitään tai silputaan pieniksi paloiksi, ja lopputuotteesta riippuen sekaan lisätään muitakin kuitumateriaaleja. Sitten seos karstataan, jotta kuidut sekoittuvat ja puhdistuvat. Erilaiset kuidut voidaan tarvittaessa myös erotella toisistaan, esimerkiksi tiheyserojen avulla. Lopulta kuidut kehrätään uudelleen langaksi tai kuitukankaaksi, tai niitä käytetään muiden tuotteiden, kuten mattojen, valmistamiseen. (Dahlbo et al., 2015, 34–35; Palm et al., 2014, 127-134.)

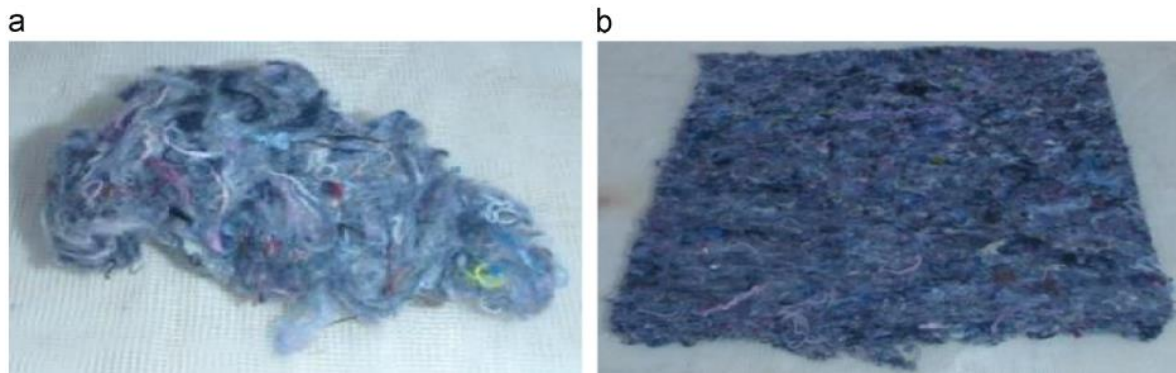
Mekaaninen kierrätys on suhteellisen edullista ja soveltuu periaatteessa kaikille kuitutyypeille. Kovien tekstiilien, kuten työvaatteiden, repiminen ei kuitenkaan onnistu ilman tehokasta konekantaa. Lopputuotteiden laatu on usein alkuperäistä heikompi, sillä kuiturakenne kärsii joka kerralla. (Dahlbo et al., 2015, 34–37.) Lyhentyneiden kuitujen vuoksi uudelleen tuotetun puuvillatekstiilin ominaisuudet ovat usein huonompia kuin alkuperäisen (Wang et al., 2017, 2), minkä lisäksi kierrätyslankojen on todettu katkeilevan helpommin (Haule et al., 2016, 1). Raaka-aineen sekalaisuus näkyy tuotteissa myös värieroina ja raitoina. Niinpä helpoimpia käyttökohteita mekaanisesti kierrätetyille tekstiilikuidulle ovat esimerkiksi erilaiset täytemateriaalit ja suojamatot. (Palm et al., 2014, 134-135.) Suljettu kierto, eli poistotekstiilien käyttö uusien tekstiilien valmistukseen, on kuitenkin mahdollista myös mekaanisessa kierrätyksessä.

Kotimainen Dafecor käsittelee Janakkalan laitoksellaan esimerkiksi vaatekauppojen poistotekstiilejä, joista tuotetaan mm. öljynimeytysmattoja, rakennushuopia ja teollisuuspyyhkeitä (Dafecor Oy, 2017). Suomalaisjohtoinen Pure Waste Textiles taas käyttää leikkuu- ja lankajätettä uusien tekstiilituotteiden valmistamiseen. Yhtiön tuotantolaitos sijaitsee Etelä-Intiassa. (Pure Waste Textiles, 2017.) Tähän mennessä mekaaninen kierrätys on parhaiten toiminut tekstiiliteollisuuden ylijäämille. Luultavasti näin saadaan helpoiten kerättyä paljon samankaltaista materiaalia. Jyväskylässä toimiva EkoCenter JykaTuote kerää poistotekstiilejä myös kotitalouksilta, ja myyntiin kelpaamattomat tuotteet päätyvät karstauslinjastolta uusiovanuksi ja huopamatoiksi (JykaTuote, 2017).

3.2.1 Tekstiilijäte eristysmateriaalina

Eristeissä lämmönjohtokyvyn λ [W/mK] täytyy olla alhainen, jolloin se hidastaa lämmön siirtymistä lämpimästä tilasta kylmempään. Useimmat eristeet ovat kuitumaista, huokoista materiaalia, koska sen rakoihin jäävä ilma toimii tehokkaana eristeenä (Hadded et al., 2016, 6). Niinpä myös tekstiilijätteen hyötykäyttöä tähän tarkoitukseen on tutkittu. Briga-Sán et al. (2013, 5) laboratoriomittauksissa kudotun akryylikankaan lämmönjohtokyky oli 0,044 W/mK, ja siitä pienemmäksi rikotun jakeen (woven fabric subwaste) vastaava arvo 0,103. Muidenkin tutkimusten mukaan lämmöneristys on parempi, kun tekstiilijätteestä saadut kui-

dat ovat kudotussa muodossa. Hadded et al. (2016, 6) määrittivät tekstiilijätepyyhkeen lämmönjohtavuudeksi vain 0,033 W/mK, ja irtonaiselle lintterille (linter) arvon 0,039. Tutkimuksessa eron epäiltiin johtuvan siitä, että kudottuna kuitu on tiiviimpää (Kuva 3), jolloin lämpöä eristävä ilma päätyy ahtaampiin rakoihin. Myös El-Wazna et al. (2017, 4) saivat neljästä erilaisesta jätejakeesta kudotuille kuitukankaille todella alhaisia lämmönjohtavuuksia. Tutkimuksessa huomattiin huokoisuuden suora yhteys lämmönjohtokykyyn: mitä suurempi näytteiden huokoisuus, sitä alhaisemmaksi niiden lämmönjohtokyky mitattiin.



Kuva 3. Lintteriä tekstiilijätekuidusta (a) ja tekstiilijätteestä kudottu pyyhe (b). Lähde: Hadded et al., 2016

Tutkimusten mukaan tekstiilijäte oikeanlaisessa muodossa toimii siis loistavasti lämmöneristeenä. Nykyään yleisesti käytettävän lasivillan lämmönjohtavuus on 0,03-0,045 W/mK väliltä, ja näissä tutkimuksissa alhaisin arvo oli huokoisen pyyhkeen 0,33 (Hadded et al., 2016, 6). Parhaimmillaan eristyskäyttö ratkaisisi monta ongelmaa kerralla: parantunut lämmöneristys vähentäisi rakennusten energiankulutusta, ja samalla tekstiilijäte saataisiin jalostettua helposti hyötykäyttöön. Tekstiilieristeiden käsittely ei myöskään aiheuttaisi ärsytystä, kuten jotkin yleisimmistä eristeistä (El Wazna et al., 2017, 5). Eristyskäyttö voisi sopia etenkin huonolaatuisille tekstiileille, sillä materiaalin ei tarvitse olla käyttökelpoista sellaisenaan, ei tietyn väristä, eikä enää rakenteeltaan kestävää. Tekniikan pohjalta täytyy kuitenkin vielä kehittää lopullisia tuotteita, joissa on otettu huomioon myös kosteuden vaikutus, eristeiden palokäyttäytyminen sekä ääniominaisuudet (Briga-Sá et al., 2013, 5).

3.3 Kemiallinen kierrätys

Kemiallisessa kierrätyksessä tekstiili palautetaan erilaisilla reaktioilla alkuperäisiksi lähtöaineiksi, jotka voidaan polymeroida uusiksi kuitumateriaaleiksi. Menetelmä toimii synteettisille ja sekoitekuiduille; esimerkiksi polyesteri saadaan kierrätettyä tällä tavalla. Toisenlaisessa prosessissa taas sellukuituja sisältävien jätetekstiilien, kuten puuvillan, selluloosamolekyylit voidaan erottaa liuottamalla tai hydrolyysin avulla. Kemialliset menetelmät vaativat kalliita laitteistoja ja kuluttavat mekaanista kierrätystä enemmän energiaa, mutta lopputuotteenä saatavien kuitujen laatu on paremmin ennustettavissa. Niistä onkin mahdollista valmistaa alkuperäisen kaltaisia tuotteita. Kemiallinen kierrätys vielä ole kovin yleistä, ja esimerkiksi japanilainen Teijin Fibers käyttää sitä vain itse aiemmin tuottamilleen materiaaleille. Etenkin synteettisten kuitujen uudelleenpolymerointi vaatii vielä kehitystä. (Dahlbo et al., 2015, 35–37; Palm et al., 2014, 135–136.)

3.3.1 Selluloosakuitujen kierrätys

Lähiaikoina on huomattu tekstiilijätteen potentiaali kierrätettyjen sellukuitujen lähteenä. Ruotsalainen Re:newcell vastaanottaa kaikkea luonnonkuitupitoista tekstiilijätettä, etenkin puuvillaa ja viskoosia. Tekstiilit silputaan, napit ja muu ylimääräinen poistetaan, minkä jälkeen selluloosakuidut erotellaan liuottamalla. Syntynyt selluloosamainen liete kuivataan, ja saatu massa lähetetään uusien tekstiilien tuotantoon. (Renewcell AB, 2017.) Suomessa Teknologian tutkimuskeskus VTT on kehittänyt tekniikkaa, jossa monenlaisista raaka-aineista irrotetaan selluloosamolekyylejä. Kun saatu sellu muutetaan liuokseksi, sitä voidaan käyttää uusien kuitujen valmistamiseen laadun kärsimättä. Espoolainen Infinited Fiber Company aikoo soveltaa tätä tekniikkaa teollisesti, paperijätteen lisäksi myös tekstiileille. Lopputuotteenä syntyvälle sellukuidulle voisi olla kysyntää esimerkiksi polyesterin korvaajana hygieniatuotteissa. (VTT, 2017.) Brittiläinen tekstiilikierrätysfirma Worn Again taas kertoo kehittäneensä uuden ratkaisun, jossa poistotekstiileistä saadaan samalla talteen sekä polyestereit, että puuvillan sisältämät selluloosakuidut (Worn Again, 2017).

Myös tutkimustulokset aiheesta ovat myönteisiä, ainakin puuvillatekstiilien osalta. Haulen et al. (2016, 6) mukaan puuvillakankaasta eroteltujen, ns. ReCell-kuitujen ominaisuudet olivat samankaltaisia kuin vertailukohteeksi valitulla lyocell-kuidulla. Jätetekstiiliä voisi käyttää sellukuitujen valmistamisessa joko yksin tai puumassaan sekoitettuna. ReCell-kuitujen

vetolujuudet olivat jopa parempia kuin lyocellilla, mutta ominaisuuksista ja rakenteesta tarvitaan lisää tutkimusta. (Haule et al., 2016.) Myös selluloosan nanokristalleja (Cellulose nanocrystals, CNCs) on happoliuoksen avulla saatu valmistettua jätteeksi päätyneestä puuvillalakanasta. Prosessissa tuotettua CNC:tä voisi hyödyntää esimerkiksi biokomposiittien valmistamisessa. (Wang et al., 2017.)

3.4 Muita käyttökohteita

Termisessä kierrätyksessä synteettiset tekstiilikuidut sulatetaan lämmön avulla, jolloin niiden muovaines saadaan talteen. Muoveja voidaan käyttää uusien tuotteiden valmistamiseen, mutta tekstiilikuiduiksi ne eivät enää sovellu. (Dahlbo et al., 2015, 36.) Yhdistelmätekniikoissa taas sovelletaan useampia kierrätystapoja: esimerkiksi mattojen kierrätyksessä tarvitaan sekä mekaanisia, että kemiallisia menetelmiä (Palm et al., 2014, 138). Tekstiilijätteestä on kokeiltu valmistaa myös biopoltoainetta, mutta tarpeellisen etanolimäärän saamiseksi tämä vaatii alkalista esikäsittelyä. Tekstiilijätteen kompostointikin olisi mahdollista ainakin luonnonkuiduille, vaikkei kovin tehokasta, eikä saatavalle lopputuotteelle ole kysyntää. (Dahlbo et al., 2015, 37.)

Varsinkin luonnonkuiduille on löydetty paljon potentiaalisia hyödyntämideoita. Eriksson (2017) suosittelee kenttätutkimusta orgaanisten tekstiilijätteiden käytöstä kuivien alueiden maanviljelyssä: kun peltoala peitetään orgaanisella kuitumateriaalilla, se sitoo enemmän vettä, ja lisääntynyt kosteus edistää mikrobien kasvua. Ismail ja Talib (2016) taas tutkivat biokaasun tuottamista lääketieteellisen puuvillatuotannon jätteistä. Näiden ideoiden käytännön toteuttamisessa on vielä paljon avoimia kysymyksiä.

Energiahyödyntäminen on yleisimpiä tekstiilijätteen käsittelytapoja tällä hetkellä. Nunes et al. (2017, 1) määrittelivät 90 % puuvillajätteestä ja 10 % polyesteristä valmistetun briketin ylemmäksi lämpöarvoksi 16,8 megajoulea kilogrammaa kohti (MJ/kg). Tutkimuksessa tällaisen briketin energiakäytön hinnaksi laskettiin 0,6 senttiä kilowattitunnilta (0,006 €/kWh), joten sen väitettiin olevan 70-80 % halvempaa kuin öljyn tai puupellettien käytön (Nunes et al., 2017). Vaikka energiakäyttöä ei varsinaisesti pidetä kierrättämisenä (Dahlbo et al., 2015, 37), voidaan jätteenpolttokin todeta hyödyllisemmäksi vaihtoehdoksi kuin kaatopaikat ja

fossiilinen energia. Pilaantuneille tekstiileille poltto lienee paras ratkaisu, mutta myös jätelain etusijajärjestyksen nojalla täytyisi pyrkiä kuitumateriaalien säilyttämiseen.

3.4.1 Komposiittia tekstiilijätteestä

Komposiitteja, eli kahden tai useamman materiaalin yhdistelmiä, on luonnonkuiduista jo kehitetty hyvin tuloksin (Ramamoorthy et al., 2014, 14). Lähiaikoina myös tekstiilijätteen mahdollisuudet komposiittien valmistuksessa on huomattu. Puuvilla-polyesteritekstiileille on kokeiltu puristusmuovausta (compression molding), jossa lämpötilan noustessa muovi sulaa ja muodostaa puuvillan kuitujen kanssa käyttökelpoisen komposiittiyhdistelmän. Prosessi on melko yksinkertainen, eikä ylimääräisiä pehmittimiä välttämättä tarvitse lisätä. Suurimpana haasteena on estää puuvillan kuitujen hajoaminen lämpötilan noustessa, sillä se huonontaa lopputuotteen ominaisuuksia merkittävästi. (Zou et al., 2011.) Pelkästään tekstiilistä tehdyt komposiitit eivät sovi tekniseen käyttöön, mutta voivat toimia vähemmän kuormittavissa sovelluksissa. Vahvempia materiaaleja on saatu lisäämällä mukaan kaksikomponenttista kuitukangasta tai biopohjaista, soijapapuuöljystä valmistettua hartsia. (Ramamoorthy et al., 2014.) Myös puuvillakankaan ja lasikuidun yhdistämistä komposiitiksi on kokeiltu, ja tutkittu mm. sen vedenpitävyyttä (Bodur et al., 2017).

Valtaosa maailmalla tuotetusta PET-muovista (polyeteenitereftelaatti) käytetään tekstiiliteollisuudessa. Kierrättämällä tekstiilit komposiiteiksi nämä polyestereihin kuuluvat muovit pysyisivät kierrossa pidempään. Komposiittien käyttökohteilla ei yleensä ole erityisiä ulkonäkövaatimuksia, joten käsiteltävien tekstiilien värierot eivät haittaa. Pienet muoviosat, kuten napit, eivät häiritse prosessia, sillä ne sulavat PET:n mukana. (Zou et al., 2011.) Erilaisien jätetekstiilien ominaisuuksien vaikutusta lopulliseen komposiittiin täytyy vielä tutkia (Ramamoorthy et al., 2014).

Teolliset yritykset eivät vielä ole aloittaneet laajamittaista komposiittituotantoa tekstiilijätteestä. Hollantilainen Dutch Awearness on VIVE Textile Recyclingin kanssa kehittänyt Cliff-nimisen komposiittimateriaalin, jonka raaka-aineista noin puolet on käytettyjä työvaatteita ja puolet käytettyä muovia (Kuva 4). Materiaalista on jo valmistettu monia tuotteita, kuten terassipöytiä, ja lisää sovelluksia etsitään. (Dutch Awearness, 2017.) Lappeenrannassa toimiva biokomposiittivalmistaja Wimao kertoo kotisivuillaan, että yhtiön patentoimalla

ekstruusiopuristustekniikalla komposiitteja voidaan valmistaa kaikenlaisista kuitumateriaaleista, myös kierrätetyistä tekstiilikuiduista.



Kuva 4. Tekstiili- ja muovijätteestä valmistettuja komposiittitolppia. Lähde: Dutch Awareness, (<http://dutchawareness.com/circularworkwear/cliff/>)

3.5 Yhteenveto ja ympäristövaikutukset

Poistotekstiileille on jo löydetty paljon käsittelyvaihtoehtoja. Kierrätystavoista yleisimpiä ovat mekaaniset tekniikat, joissa tekstiilit pilkotaan takaisin kuitumaiseen muotoon, josta voidaan valmistaa uudenlaisia tuotteita. Useimmat kierrätysjärjestelmät ovat toistaiseksi melko pienimuotoisia, eikä nykyisistä käsittelykapasiteeteista löytynyt kovin yhtenäistä tilastotietoa. Arvioiden mukaan tekstiilikierrätyksen parissa toimii maailmalla yhteensä 3000 yritystä, ja ne käsittelevät noin 1,2 miljoonaa tonnia poistotekstiilejä vuodessa (Dahlbo et al., 2015, 38). Voidaan siis todeta, ettei kapasiteetti vielä riitä kaiken kierrättämiseen: pelkästään EU:n alueella tekstiilejä poistetaan käytöstä arviolta 5,8 miljoonaa tonnia vuodessa (Zamani et al., 2015, 1), mistä jätteen osuus on yli kolme miljoonaa tonnia (VTT, 2016).

Vaikuttaisi siltä, että tällä hetkellä eniten kierrätetään alan yritysten tekstiilijätteitä, joiden määrä ja laatu ovat varmimmin tiedossa. Jotkin tekniikat vaatisivat tarkkaa lajittelua toimiaukseen kunnolla: esimerkiksi komposiitin valmistus on helpointa sekoitemateriaaleille, selluloosan erottelu luonnonkuiduille ja termiset tekniikat tekokuiduille. Materiaalitehokkuus on parasta, kun kierrätyksen lopputuotteiden kysyntä on samaa suuruusluokkaa kuin käsiteltävä tekstiilijättemäärä. Käytetyssä aineistossa ei mainittu prosessien mahdollisia sivutuotteita, joten niistä ei ole tarkempaa tietoa.

Millä tahansa kierrätystavalla saadaan korvattua monta neitseellisen tuotannon ympäristölle haitallista vaihetta. Esimerkiksi 100-prosenttisesti kierrätetty polyesteri kuluttaisi arviolta 64 % vähemmän energiaa ja 95 % vähemmän vettä kuin uusista raaka-aineista valmistettu. Samalla hiilidioksidipäästöt jäisivät yhteensä 73 % pienemmiksi. (Dahlbo et al., 2015, 36–47.) Järkevällä lajittelulla myös uudelleenvärjäys voidaan välttää (Esteve-Turrillas ja de la Guardia, 2017, 9). Suljetussa kierrossa säästetään tekstiiliteollisuuden kuluttamia luonnonvaroja, avoimessa kierrossa hyöty taas siirtyy uuden lopputuotteen toimialalle. Avoimen kierron tekniikat eivät siis ratkaise itse tekstiiliteollisuuden raaka-aineongelmia, vaikka vähentävätkin kulutusta muualla.

Elinkaariarvioinnin avulla Zamani et al. (2015) laskivat, että jätteenpolttoon verrattuna materiaalin uudelleenkäytössä kuluu yhtä tekstiilijätetonna kohti 164 gigajoulea (GJ) vähemmän primäärienergiaa. Vertailussa toiseksi eniten energiaa säästi sellukuitujen ja polyesterin erottelu ja kierrätys. Synteettisten kuitujen uudelleenpolymerointi todettiin energiaintensiviseksi prosessiksi, vaikka siinäkin säästyi hieman energiaa polttoon verrattuna. Ympäristöystävällisimmältä vaikuttaisi näiden kierrätystapojen yhdistäminen, jolloin energiansäästö käsiteltyä tekstiilijätetonna kohti olisi jopa 169 GJ. Samalla toiminnan hiilijalanjälki pieneni; päästövähennykset olisivat yhteensä 10 tonnia kierrätettyä tekstiilijätetonna kohti, hiilidioksidiin suhteutettuna CO₂-ekvivalenttina. Kierrätyksen todelliset hyödyt riippuvat kuitenkin myös lopputuotteen arvosta, johon uudelleenkäytön osalta vaikuttaa myös poistotekstiilien alkuperäinen laatu. (Zamani et al., 2015, 11.) Jokaisella kierrätystavalla on omat optimaaliset käyttökohteensa, joten lopullisia ympäristövaikutuksiakin täytyisi analysoida useasta näkökulmasta.

4 SAIRAALATEKSTIILIT ETELÄ-KARJALAN PESULALLA

Tässä luvussa tutustutaan Etelä-Karjalan Pesulan omistamiin sairaalatekstiileihin ja niiden kiertoon eri toimijoilla. Tavoitteena on kartoittaa poistotekstiilien kierrätykseen vaikuttavia tekijöitä, sekä etsiä mahdollisia parannuskohteita kierron varrelta. Kun tekstiilimäärät tunnetaan ja toiminnasta on jonkinlainen yleiskuva, päästään luvussa 5 pohtimaan kierrätyksen lisäämismahdollisuuksia.

4.1 Sairaalatekstiilien ominaisuuksia

Pesulalla kiertävät sairaalatekstiilit ovat lähinnä tavanomaisia lakanoita ja potilasvaatteita (Kuva 5), työvaatteita sekä siivouspyyhkeitä. Hygieniasyistä niitä varmasti pestään useammin ja huolellisemmin kuin kotitalouksissa. Erona kuluttajien tekstiileihin on myös tarkat laatuvaatimukset, joita on Suomessa koottu SFS-standardeihin. Esimerkiksi tekstiilien repeämiskuormitukselle ja värinpitävyydelle on raja-arvoja, jotka takaavat tuotteiden kestävyden (SFS-käsikirja 126). Tämä pidentänee myös niiden aktiivista käyttöikä.

Taulukkoon 1 on koottu Pesulan yhteistekstiililuettelosta (2013) ne tuotteet, joiden kuitukoostumus selviää standardeista. Myös tiedossa olevat värit on listattu, sillä nekin saattavat vaikuttaa kierrätykseen. Taulukossa mainittujen sairaalatekstiilien lisäksi Pesula käsittelee mm. henkilökunnan suojavaatteita, leikkaustekstiilejä ja mikrokuitupyhkeitä.

Taulukko 1. Sairaalatekstiilien ominaisuuksia SFS-standardien mukaan Lähteet: Yhteistekstiililuettelo (Etelä-Karjalan Pesula, 2013), SFS-käsikirja 126.

Tekstiili (värit)	SFS-standardi	Materiaali/kuidut
Poikkilakana (valkoinen)	4719	Puuvilla
Pussilakana (sininen, minttu)	2947	Puuvilla/polyesteri, 50/50 %
Tyynyliina (valkoinen)	2963	Puuvilla
Froteepyyhkeet (oranssi, valkoinen)	2958	Frotee: nukka selluloosakuitua, pohja esim. polyesteri-selluloosakuitujen sekoitetta.

Kangaspyyhe (sini- tai puna-raidallinen)	3679	Loimi puolivalkaistua pellavaa tai puuvillaa, kude puolivalkaistua pellavaa.
Yöpuvun takki	5686	Polyesteri/selluloosakuidut 50/50 %
Yöpuvun housut	5687	Polyesteri/selluloosakuidut 50/50 %
Yöpaita	5721	Polyesteri/selluloosakuidut 50/50 %
Avopaita	5722	Polyesteri/selluloosakuidut 50/50 %
Aluspaita (valkoinen)	5763	Polyesteri/selluloosakuidut 65/35 %
Alushousut M (valkoinen)	5760	Polyesteri/selluloosakuidut 65/35 %
Alushousut N (valkoinen)	5762	Polyesteri/selluloosakuidut 65/35 %
Potilassukka (valkoinen)	3749	Polyesteri/puuvilla 65/35 %



Kuva 5. Lakanoita ja muita sairaalatekstiilejä.

4.2 Tekstiilikierto

Tässä osiossa esitellään Etelä-Karjan Pesulan toimintaa, sairaalan tekstiilihuoltoa ja nykyistä hyötykäyttöä poistotekstiileille. Selvitystä varten tehdään vierailut Pesulalle ja Etelä-Karjalan keskussairaalalle, sekä puhelinhaastattelu Tauko Designille.

4.2.1 Etelä-Karjalan keskussairaala

Keskussairaalta Pesulalle lähetettävät tekstiilit varastoidaan useampaan noutopisteeseen. Yhdessä rakennuksen osassa on kuilu, jonka kautta kymmenen kerroksen pyykit saadaan samaan paikkaan. Tekstiilien pitäisi palautua Pesulalta noin viikon kuluessa lähetyksestä, ja tätä on alettu seuraamaan merkitsemällä osa tuotteista. Sairaalan henkilökunta pakkaa lähetettävät pyykit erivärisiin säkkeihin tekstiilityypin mukaan. Esimerkiksi lakanat ja liinat pakataan erilleen, ja infektoitunut pyykki keltaiseen erikoismuovisäkkiin. Lajittelu perustuu siihen, millaista pesua tekstiilit vaativat. Joskus lajittelussa huomataan virheitä, jotka pyritään korjaamaan Pesulalla. (Laari, haastattelu 21.11.2017.)

Huonokuntoisia tekstiilejä ei poisteta kierrosta Sairaalalla, vaan kaikki lähetetään lajiteltuna ja pakattuna Pesulalle. Sairaalalla ei siis erikseen synny tekstiilijätettä; kaikki poistot tapahtuvat vasta Pesulan arvion jälkeen. Sairaalan henkilökuntaa on kuitenkin ohjeistettu ottamaan vialliset tekstiilit erilleen muista ja merkitsemään, mikä niissä on rikki. (Laari, haastattelu 21.11.2017.) Tämän voisi olettaa vähentävän poistoon joutuvien tekstiilien määrää, sillä ajoissa huomautetut viat saadaan todennäköisemmin korjattua. Jotkin yleiset viat, kuten pienet reiät ja irronneet napit, voivat löytyä käytössä helpommin kuin pesulaprosessin aikana (Laari, haastattelu 21.11.2017). Niinpä sairaalakäytössäkin kannattaa seurata tekstiilien kuntoa tarkasti.

4.2.2 Etelä-Karjalan Pesula

Pesula on jaettu hygieniasyistä puhtaaseen ja likaiseen osioon. Laitoksella on käytössä mikrobiologinen pesu, jossa eri pH-arvoissa kankaista saadaan poistumaan kaikki mahdollinen bakteerikanta. Jos tiedetään tekstiilin sisältävän jotain taudinaiheuttajaa, kuten sairaalabakteeria, se pestään eristyspesussa. Mikrobiologisesti puhdas tekstiili ei tarkoita steriiliä, joka vaatisi omanlaisensa, ns. puhdastilapesun. Osaan tuotteista on asennettu uusi seurantasiru,

jolla tekstiilien kierrosta saadaan tarkempaa tietoa. (Salmela, haastattelu 2.10.2017.) Vuonna 2016 Pesulan tuotanto, eli pestyn pyykin määrä oli yhteensä 1 249 550 kilogrammaa. Yhden työpäivän tuotanto oli keskimäärin 4939 kg. Vuoden 2017 päivätuotanto on tähän mennessä ollut noin 5082 kg, eli määrät ovat hieman kasvaneet. (Huttunen, sähköpostiviesti 23.11.2017.)

Jos pesun jälkeen tekstiileissä huomataan vielä tahroja, ne otetaan uusintapesuun. Mikäli tahrat eivät lähde, tuote poistetaan kierrosta. Muita hylkäämisperusteita ovat reiät, liimatahurat ja home. Puuvilla-polyesterituotteet poistetaan käytöstä, kun puuvillasta on kulunut yli 30 prosenttia. Tätä ei kuitenkaan mitata, vaan se perustuu henkilökunnan arvioon. (Salmela, haastattelu 2.10.2017.) Pesulan jäteraportin mukaan vuonna 2016 syntyi yhteensä 12,52 tonnia energiajätettä, josta arviolta kolmasosa eli noin 4,17 tonnia tekstiilijätettä. Tauko Designille ohjattavista poistotekstiileistä ei ole tarkkaa punnitustietoa, joten nykyistä hyötykäytön osuutta ei voida laskea.

Poiston jälkeen henkilökunta arvioi tekstiilin tyypin ja kunnon perusteella, meneekö se jätipuristimeen vai uusiokäyttöön. Jälkimmäinen on mahdollista kokonaisille kankaille, kuten lakanoille, ja tällaista poistotekstiiliä lajitellaan noin säkillinen viikossa tai kahdessa (Kuva 6). Froteepyyhkeet, potilasvaatteet ja muut erikoistuotteet eivät kelpaa nykyiseen uusiokäyttöön. Isompia tahroja, reikiä tai hometta sisältävät kankaat eivät myöskään ole enää käyttökelpoisia, vaan joudutaan hävittämään jätteen mukana. Talon sisällä poistotekstiilejä voidaan tarpeen mukaan käyttää koneiden huoltoliinoina. (Salmela, haastattelu 2.10.2017.)



Kuva 6. Poistotekstiilisäkki Pesulalla.

4.2.3 Tauko Design

Tauko Design Oy vastaanottaa mankelitavaraksi kutsuttua materiaalia, jota voidaan uudelleenvalmistuksessa käyttää sellaisenaan. Esimerkiksi Etelä-Karjalan Pesulalta ja Uudenmaan Sairaalapesulalta poistetut lakanat käyvät käsittelyyn. Aluksi Tauko Designilla tarkistetaan vastaanotettujen tekstiilien käyttökelpoisuus. Hyväksytyt tekstiilit viedään esikäsittelyyn ja värjäykseen, minkä jälkeen niistä valmistetaan ompelimossa uusia muotivaatteita. Sivutuotteena jää yli leikkuujätettä. Toiminnan energiankulutus on vähäistä, sillä edes mekaanista kierrätystä ei tarvita. Uudelleenvalmistuksen ympäristövaikutukset jäävät siis lähinnä kuljetuksiin sekä värjäyksessä käytettäviin kemikaaleihin. Tauko Designilla on tuotantoa Virossa ja Kyröskoskella, ja valmista mallistoa myydään oman Helsingin-myymälän lisäksi useissa vaateliikkeissä ja verkkokaupoissa. (Moisio, puhelinhaastattelu 16.11.2017.)

Tällä hetkellä Tauko Design käsittelee muutamia tonneja poistotekstiilejä vuodessa. Kapasiteettia määrän kasvattamiseen olisi vielä, mikäli useammat yritykset alkaisivat kierrättämään tekstiilejään tarkemmin. Uusiovaatteiden valmistuksessa ilmenneitä haasteita ovat mm. virheelliset tekstiilit ja materiaalin sekalaisuus. Vastaanotetut poistotekstiilit ovat usein

keskenään erikuntoisia, mikä voi vaikeuttaa yhtenäisen malliston tuottamista. Yhteistyö laitosten asiakkaiden kanssa on koettu toimivaksi, sillä heiltä saadaan paljon samantyyppistä materiaalia työstettäväksi. (Moisio, puhelinhaastattelu 16.11.2017.)

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pesulalla kiinnitetään selvästi huomiota ympäristöasioihin, ja yksi kierrätysratkaisu poistotekstiileille on jo löytynyt. Tauko Designin uudelleenvalmistuksen ulkopuolelle jää vielä merkittävä määrä sairaalatekstiilejä (noin 4,17 tonnia vuonna 2016), joita voisi hyödyntää muilla tavoin sopivan käsittelijän löytyessä. Tässä luvussa pohditaan erilaisia vaihtoehtoja kierrätyksen lisäämiseksi.

5.1 Kehitysideoita nykyiseen toimintaan

Poistettavien sairaalatekstiilien tarkka lajittelu lisää materiaalin houkuttelevuutta tekstiilijätettä tarvitseville yrityksille: esimerkiksi kuitukoostumuksen, värin tai kunnan mukaan erikseen pakatuille poistotekstiileille voisi löytyä kysyntää lähitulevaisuudessa. Nappeja ja muita ylimääräisiä osia sisältävät tuotteetkin voisi pitää erillään, sillä niihin saatetaan tarvita mekaanista esikäsitelyä ennen kierrätystä. Näiden jätejakeiden määriä kannattaisi tilastoida, jolloin eri materiaalien kierrätystarve tiedettäisiin tarkemmin.

Poistotekstiilien hyödyntäminen Pesulan huoltoliinoina on materiaalia säästävää loppukäyttöä (Salmela, haastattelu 2.10.2017), mutta tähän ei tarvita kuin pieni osa kokonaisuudesta. Syntyvää tekstiilijätettä osaltaan vähentää myös ajoissa huomattujen, pienten vikojen korjaaminen. Tähän kannattaa jatkossakin kiinnittää huomiota sekä Pesulalla että sairaaloissa, jolloin tuotteet saadaan pidettyä kierrossa mahdollisimman pitkään.

Pesulalta poistettavien sairaalatekstiilien ominaisuudet tunnetaan hyvin, minkä lisäksi poistomäärät ovat melko pieniä ja helposti ennustettavissa. Niinpä kierrätysratkaisujen etsiminen voikin sujua nopeammin kuin sekalaiselle tavaralle. Tästä huolimatta jokaiselle tekstiilityypille ei välttämättä heti löydy vastaanottajaa, joten mahdollisuuksien mukaan myös väliaikaisista varastointia voisi selvittää.

5.2 Uusien kierrätystekniikoiden soveltuvuus

Kierrätyksen lisäämistä pohtiessa on hyvä tiedostaa, mihin Pesulalla pystytään itse vaikuttamaan. Esimerkiksi tekstiilien materiaalivalintoja rajaa SFS-standardien noudattaminen. Hankinnoissa ei siis voida valita vain helposti kierrätettäviä materiaaleja, sillä sairaalakäytössä tekstiileillä on muitakin vaatimuksia. Itse asiassa eri materiaalien kierrätettävyydestä on osittain ristiriitaisiakin tuloksia: Euroopan komissio (2017a, 7) kertoo nailonin olevan yksi vaikeimmista kuiduista kierrättää, kun taas Muthun et al. (2012, 4) vertailussa kaksi eri nailonia kuuluvat molemmat helpoiten kierrätettäviin. Pesulan tekstiilit koostuvat lähinnä puuvillasta, selluloosapohjaisista kuiduista ja polyesteristä (Taulukko 1), joille sopivia kierrätystapoja on jo kehitetty. Erityiskäsittelyä saattavat vaatia sekoitekuitutekstiilit sekä nappeja sisältävät potilasvaatteet.

Kuten luvussa 3 huomattiin, materiaalien kierrätettävyyden riippuu myös valitusta kierrätystekniikasta. Pesulalla kiertää montaa tekstiilityyppiä, joten kierrätysjärjestelmien kannattaisi ottaa useampi tekniikka, jolloin kaikki materiaalit saataisiin optimaaliseen jatkokäyttöön. Kierrätyskohteita valittaessa voidaan myös miettiä, onko Pesulan sisällä tarvetta jonkin tekniikan lopputuotteelle.

Taulukkoon 2 on koottu yhteenvedoksi aiemmin esiteltyjä kierrätystekniikoita, ja arvioitu niiden soveltuvuutta Pesulan sairaalatekstiileille. Todellisuudessa valintoja rajaa myös kierrätysvaihtoehtojen saatavuus ja hinta.

Taulukko 2. Eri kierrätystekniikoiden soveltuvuus Pesulan sairaalatekstiileille.

Kierrätystekniikka (luku, jossa esitelty)	Tekniikkaan soveltuvat sairaalatekstiilit	Muut huomiot ja mahdollisia yrityksiä
Uudelleenvalmistus (3.1)	Tällä hetkellä kankaat, liinavaatteet yms. Hyvin lajiteltuna muutkin poistotekstiilit voisivat kelpata.	Väri ja pienosat voivat vaikuttaa. Muille yrityksille (esim. Globe Hope, TouchPoint) voisi tarjota niitä tuotteita, joita Tauko Design ei käsittele.

Mekaaninen kierrätys (3.2)	Lähes kaikenlaiset tekstiilit, myös huonokuntoiset. Pienosien poisto ja suojavaatteiden repiminen voi olla haastavaa.	Suomessa Dafecor ja EkoCenter Jyväskylä, ulkomailla Pure Waste Textiles ym. Lisää käyttökohteita tulevaisuudessa, esim. eristys (3.2.1).
Selluloosakuitujen kemiallinen kierrätys (3.3.1)	Luonnonkuituja sisältävät tekstiilit: poikkilakana, tyynyliina, pyyhkeet	Ruotsalaisen Re:newcellin lisäksi mm. suomalainen Infinited Fiber Company aloittamassa toimintaa.
Muu kemiallinen kierrätys (3.3), uudelleenpolymeerointi	Synteettiset ja sekoitekuidut: potilasvaatteet, pussilakana, työvaatteet?	Ei vielä laajassa käytössä Suomessa.
Komposiitin valmistus (3.4.1)	Riippuu halutusta komposiitista. Sekoitetekstiilit, esim. potilasvaatteet, voisivat käydä. Värierot ja pienet muoviosatkaan eivät välttämättä haittaa.	Suomessa Wimao (kotipaikka Lappeenranta), ulkomailla Dutch Awareness. Avoimen kierron tekniikka, eli lopputuote poissa tekstiilikierrosta.

6 YHTEENVETO

Tekstiilikuitujen tuotannosta syntyy merkittäviä ympäristöhaittoja, joten käytöstä poistettavan materiaalin kierrättämistä uusiksi tekstiileiksi tai muiksi tuotteiksi on tutkittu paljon. Tällä hetkellä parhaiten kiertävät hyväkuntoiset, uudelleenkäyttöön kelpaavat poistotekstiilit. Muussa hyötykäytössä suurimmaksi ongelmaksi todetaan usein tekstiilijätteen keräys- ja lajittelujärjestelmien puute. Toimivia kierrätystekniikoita on jo keksitty, mutta niiden soveltaminen kasvaville tekstiilimäärille vaatii vielä kehitystä.

Tämän työn tavoitteena oli etsiä keinoja, joilla Etelä-Karjalan Pesulalta poistettavien sairaalatekstiilien kierrätystä voisi lisätä. Nykyisen hyötykäytön ulkopuolelle jää yli neljä tonnia poistotekstiilejä vuodessa, mutta löydetyn aineiston valossa lähes kaiken voisi kierrättää uusilla tekniikoilla. Pesulan kannattaakin alkaa etsimään yrityksiä, jotka vastaanottavat myös pienosia sisältäviä ja huonokuntoisia tekstiilejä. Kierrätyksen helpottamiseksi sairaalatekstiilit voisi lajitella tarkasti kuitukoostumuksen tai värin mukaan. Tekstiilijätteen syntyä kannattaa jatkossakin ehkäistä jo käytön aikana, esimerkiksi löytyneitä vikoja korjailemalla. Lopulta pienetkin asiat voivat vaikuttaa poistotekstiilien kokonaismäärään.

Pesulan tekstiilikierron toimijoille tehdyt vierailut ja haastattelut antoivat hyvän yleiskuvan tutkittavasta tilanteesta. Työn teoriaosuuteen taas löytyi paljon uutta tietoa tekstiilialasta ja -kierrätyksestä. Rajauksista huolimatta aihe osoittautui todella laajaksi, ja haastavinta olikin koota yhtenäinen katsaus sekalaisista lähteistä. Suurin osa kerätystä tiedosta saatiin kuitenkin yhdistettyä tutkimusongelmaan, joten eri kierrätystekniikoiden soveltuvuutta Pesulan tekstiilijätteelle päästiin arvioimaan suunnitellusti. Nykyistä hyötykäyttöä ei voitu laskea, sillä tarkkoja poistotekstiilimääriä ja uudelleenvalmistukseen päätyvien osuutta ei tiedetty. Poistettavien sairaalatekstiilien määrät ovat kuitenkin suhteellisen pieniä ja niiden ominaisuudet tunnetaan hyvin, mikä varmasti helpottaa kierrätysratkaisujen löytymistä.

Joidenkin esitettyjen kehitysehdotusten toteuttaminen vaatisi vielä tarkempaa tietoa pesulatoiminnasta ja mahdollisten kierrätysyritysten vaatimuksista poistotekstiileille. Tässä työssä ei arvioitu ehdotusten taloudellista kannattavuutta, jota varten täytyisi tutkia eri vaihtoehtojen pitkäaikaisia säästöjä ja kustannuksia. Kandidaatintyötä voidaan kuitenkin hyödyntää pohjatietona Pesulan tekstiilikierrätyksen lisäämisessä.

LÄHTEET

Aalto, Kristiina. 2014. Suomen tekstiilivirta vuonna 2012. Kuluttajatutkimuskeskus. 10 s. Saatavissa: http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Tekstiilijätteen_kierrätyksen_mahdollisuudet_ja_esteet_TEXJATE

Baydar, G., Ciliz, N., Mammadov, A. 2015. Life cycle assessment of cotton textile products in Turkey. *Resources, Conservation and Recycling* 104 (2015), s. 213–223.

Bevilacqua et al. 2014. Environmental analysis of a cotton yarn supply chain. *Journal of Cleaner Production* 82 (2014), s. 154–165.

Bureau of International Recycling (BIR). Textiles [verkkosivut]. Viitattu 2.12.2017. Saatavissa: <http://www.bir.org/industry/textiles/>

Bodur, M.S., Englund, K., Bakkal, M. 2017. Water absorption behavior and kinetics of glass fiber/waste cotton fabric hybrid composites. *Journal of Applied Polymer Science* 134 (2017). 9 s.

Briga-Sá et al. 2013. Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution. *Construction and Building Materials* 38 (2013), s. 155–160.

Dafecor Oy. Tuotantoprosessi [verkkosivut]. Viitattu 4.12.2017. Saatavissa: <https://dafecor.fi/dafecor-1/Dafecor/tuotantoprosessi/>

Dahlbo et al. 2015. Tekstiilien uudelleenkäytön ja tekstiilijätteen kierrätyksen tehostaminen Suomessa. Ympäristöministeriö. 90 s. Suomen ympäristö 4/2015. ISBN 978-952-11-4454-7. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/155612>

Dutch Awearness. 2017. Cliff [verkkosivut]. Viitattu 6.12.2017. Saatavissa: <http://dutchawearness.com/circularworkwear/cliff/>

El Wazna et al. 2017. Thermo physical characterization of sustainable insulation materials made from textile waste. *Journal of Building Engineering* 12 (2017), s. 196–201.

Eriksson, B.G., 2016. Organic textile waste as a resource for sustainable agriculture in arid and semi-arid areas. *Ambio* 46/2017, s. 155–161.

Esteve-Turrillas, F.A., de la Guardia, M., 2017. Environmental impact of recover cotton in textile industry. *Resources, Conservation and Recycling* 116 (2017), s. 107–115.

Etelä-Karjalan Pesula, 2017. Laatu ja ympäristö [verkkosivut]. Viitattu 31.10.2017. Saatavissa: <http://www.saimaantukipalvelut.fi/fi/Palvelut/Tekstiilipalvelut/Laatu-ja-ymparisto>

Etelä-Karjalan Pesula. Yhteistekstiililuettelo 4.4.2013.

EU, 2017. Trash-2-Cash [verkkosivut]. Viitattu 1.11.2017. Saatavissa: <https://www.trash2cashproject.eu/>

Euroopan komissio, 2017a. Komission yksiköiden valmisteluasiakirja: EU:n ympäristöä säästäviä julkisia hankintoja koskevat kriteerit - tekstiilituotteet ja palvelut. Saatavissa: http://ec.europa.eu/environment/gpp/eu_gpp_criteria_en.htm

Euroopan komissio, 2017b. Textiles for Textiles - Eco-Innovation [verkkosivut]. Viitattu 2.12.2017. Saatavissa: <http://ec.europa.eu/environment/eco-innovation/projects/en/projects/t4t>

European Recycling Company, 2017. European Recycling Company [verkkosivut]. Viitattu 3.12.2017. Saatavissa: <http://www.europeanrecycling.co.uk/processes.html>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Cotton Advisory Committee (ICAC). 2013. World apparel fibre consumption survey 2013. 27 s. Saatavissa: https://www.icac.org/cotton_info/publications/statistics/world-apparel-survey/FAO-ICAC-Survey-2013-Update-and-2011-Text.pdf

Globe Hope. 2017. Materiaalit [verkkosivu]. Viitattu 4.12.2017. Saatavissa: <https://www.globehope.com/fi/materiaalit/>

Hadded et al. 2016. Thermo physical characterisation of recycled textile materials used for building insulating. *Journal of Building Engineering* 5 (2016), s. 34–40.

Haule, L.V., Carr, C.M., Rigout, M. 2016. Preparation and physical properties of regenerated cellulose fibres from cotton waste garments. *Journal of Cleaner Production* 112 (2016), s. 4445–4451.

Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY). 2016. Pääkaupunkiseudun seka- ja biojätteen koostumus vuonna 2015. 112 s. Saatavissa: https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Raportit/Paakaupunkiseudun_seka-ja_biojätteen_koostumus_vuonna_2015.pdf

Huttunen, Jussi-Pekka. Tuotantopäällikkö, Etelä-Karjalan Pesula. Sähköpostiviesti 23.11.2017. Pesulan tuotantolukemia.

I:Collect. 2017. I:CO [verkkosivut]. Viitattu 3.12.2017. Saatavissa: <http://www.ico-spirit.com/en/>

International Cotton Advisory Committee (ICAC). 2013. Cotton: Review of the World Situation. 20 s. Volume 65, n. 5. Saatavissa: https://www.icac.org/wp-content/uploads/2011/05/ERev_june.pdf

Ismail, Z.Z., Talib, A.R. 2016. Recycled medical cotton industry waste as a source of biogas recovery. *Journal of Cleaner Production* 112 (2016), s. 4413–4418.

Jätelaitosyhdistys (JLY). 2017. Kotitalouksien sekajätteen koostumus [verkkoartikkeli]. Viitattu 13.11.2017. Saatavissa: <http://vanha.jly.fi/jateh71-koti.php?treeviewid=tree2&nodeid=71>

JykaTuote, 2017. EkoCenter JykaTuote [verkkosivut]. Viitattu 4.12.2017. Saatavissa: <http://jyka-kauppa.mycashflow.fi/>

Laari, Laura. Tekstiilihuoltaja, Etelä-Karjalan keskussairaala. Vierailu sairaalalla ja haastattelu 21.11.2017.

Lamminen, K. (toim.) 2017. Reikäsukalle riittää ottajia – uudessa autossa on jopa 40 kiloa tekstiilijätettä. Maaseudun tulevaisuus 12.2.2017 [verkkouutinen]. Viitattu 3.12.2017. Saatavissa: <http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/ymp%C3%A4rist%C3%B6/reik%C3%A4sukalle-riitt%C3%A4%C3%A4-ottajia-uudessa-autossa-on-jopa-40-kiloa-tekstiilij%C3%A4tett%C3%A4-1.178454>

Moisio, Mila. Omistaja/suunnittelija, Tauko Design. Puhelinhaastattelu 16.11.2017.

Muthu et al. 2012. Quantification of environmental impact and ecological sustainability for textile fibres. *Ecological Indicators* 13 (2012), s. 66–74.

Nunes et al. 2017. Economic and environmental benefits of using textile waste for the production of thermal energy. *Journal of Cleaner Production* 171 (2018), s. 1353–1360.

Palm et al. 2014. Towards a Nordic textile strategy: Collection, sorting, reuse and recycling of textiles. Norden. Kööpenhamina: Nordisk Ministerråd. 142 s. TemaNord. ISSN 0908-6692; 2014, 538. Saatavissa: <http://norden.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A720964&dswid=9693>

Palm et al. 2015. A Nordic textile strategy: Part II: A proposal for increased collection, sorting, reuse and recycling of textiles. Norden. Kööpenhamina: Nordisk Ministerråd. 270 s.

TemaNord. ISSN 0908-6692; 2015:513. Saatavissa: <http://norden.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A791003&dswid=9693>

Pure Waste Textiles. 2017. Pure Waste Textiles [verkkosivut]. Viitattu 4.12.2017. Saatavissa: <http://purewastetextiles.com/>

Ramamoorthy, S.K., Persson, A., Skrifvars, M. 2014. Reusing textile waste as reinforcements in composites. *Journal of Applied Polymer Science* 131 (2014). 16 s.

Renewcell AB, 2017. Renewcell AB [verkkosivut] Viitattu 5.12.2017. Saatavissa: <http://renewcell.se/>

Saimaan Tukipalvelut Oy, 2017. Yritys [verkkosivut]. Viitattu 27.11.2017. Saatavissa: <http://www.saimaantukipalvelut.fi/fi/Yritys>

Salmela, Jorma. Tekstiilipalvelujohtaja, Etelä-Karjalan Pesula. Vierailu Pesulalla ja haastattelu 2.10.2017.

Secondary Materials and Recycled Textiles (SMART). 2017. Resources [verkkosivu]. Viitattu 2.12.2017. Saatavissa: <https://www.smartasn.org/resources/frequently-asked-questions/>

Suomen standardisoimisliitto (SFS). 1997. SFS-käsikirja 126 – Sairaalatekstiilit. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto 1997. 264 s. ISBN 952-5143-05-8.

Suomen tekstiili ja muoti ry. (STJM). 2017. Tekstiilin ja muodin vienti ja tuonti [verkkodokumentti]. Viitattu 1.12.2017. Saatavissa: <https://www.stjm.fi/julkaisut-ja-tilastot/tilastot/vienti-ja-tuonti/>

Tahvanainen, A.-J., Pajarinen, M. 2014. Älykankaita & kukkamekkoja: suomalainen tekstiiliteollisuus globalisaation ristiaallokossa. Helsinki: Taloustieto 2014. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos ETLA. 127 s. ISBN 978-951-628-620-7.

Tilastokeskus, 2017a. Suomen virallinen tilasto (SVT): Teollisuustuotannon volyymi-indeksi [verkkajulkaisu]. Viitattu 1.12.2017. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ttvi/2017/09/ttvi_2017_09_2017-11-10_kat_001_fi.html#_ga=2.243467141.1065768772.1511004615-1143549826.1511004615

Tilastokeskus, 2017b. Suomen virallinen tilasto (SVT): Jätetilasto 2015 [verkkajulkaisu]. Viitattu 1.12.2017. Saatavissa: https://tilastokeskus.fi/til/jate/2015/jate_2015_2017-06-15_tie_001_fi.html

Tukes. 2016. Tekstiilit [verkkoartikkeli]. Päivitetty 5.4.2016. Viitattu 30.11.2017. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Kulutustavarat/Tavaroiden-turvallisuusvaatimuksia/Tekstiilit/>

Tulli. 2017. Tuonti ja vienti SITC-ryhmien ja eräiden alaryhmien mukaan [verkkodokumentti]. Päivitetty 31.8.2017. Viitattu 1.12.2017. Saatavissa: <http://tulli.fi/tilastot/taulukot/tavaratilastoja>

UFF. 2017. Vuosikertomus 2016 [verkkodokumentti]. Viitattu 3.12.2017. Saatavissa: https://issuu.com/uff-yhdistys/docs/vuosikertomus_2016_kotisivu

Valvan Baling Systems. 2017. Fibersort [verkkosivu]. Viitattu 3.12.2017. Saatavissa: <http://www.valvan.com/products/equipment-for-used-clothing-wipers/sorting-equipment/fibersort/>

VTT. 2017. Infinited Fiber tuo muutoksen tekstiiliteollisuuteen. Berqvist, P. (toim.) VTT: Impulssi [verkkajulkaisu]. Päivitetty 24.5.2017. Viitattu 31.10.2017. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/Impulssi/Pages/Infinited-Fiber-tuo-muutoksen-tekstiiliteollisuuteen.aspx>

VTT. 2016. Käytöstä poistetuista tekstiilikuiduista voidaan tehdä kuluttajia houkuttelevia uusia tuotteita [verkkajulkaisu]. Päivitetty 17.5.2016. Viitattu 1.11.2017. Saatavissa:

<http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/käytöstä-poistetuista-tekstiilikuiduista-voidaan-tehdä-kulluttajia-houkuttelevia-uusia-tuotteita>

Wang et al. 2017. Reuse of waste cotton cloth for the extraction of cellulose nanocrystals. *Carbohydrate Polymers* 157 (2017), s. 945–952.

Worn Again. 2017. Worn Again [verkkosivut]. Viitattu 5.12.2017. Saatavissa: <http://wornagain.info/>

Ympäristöministeriö. 2014. Lempivaatteesta energijätteeksi [verkkoartikkeli]. Järvinen, E. (toim.) *Ympäristö-lehti* 6/2014. Päivitetty 2.12.2014. Viitattu 3.12.2017. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Ymparistolehti/2014/Lempivaatteesta_energijatteeksi\(32131\)](http://www.ymparisto.fi/FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Ymparistolehti/2014/Lempivaatteesta_energijatteeksi(32131))

Zamani et al. 2015. A Carbon Footprint of Textile Recycling: A Case Study in Sweden. *Journal of Industrial Ecology* (Volume 19, n. 4), s. 676–687.

Zou, Y., Reddy, N., Yang, Y. 2011. Reusing polyester/cotton blend fabrics for composites. *Composites: Part B* 42 (2011), s. 763–770.