

Tekstiilikierrätyksen nykytila Päijät-Hämeen alueella

Tekstiilien ympäristövaikutus

Tekstiiliteollisuus on EU:n neljänneksi suurin vettä ja neitseellisiä raaka-aineita kuluttava kategoria ruuantuotannon, asumisen ja liikenteen jälkeen (Manshoven et al. 2019). Se muodostaa jopa 10 % maailman CO₂-päästöistä (Niinimäki et al. 2020). Tekstiilien kierrätysaste on toistaiseksi alhainen niin Euroopassa, kuin koko maailmassa. Alle 1 % vaatetuotannosta pystytään kierrättämään uudelleen vaatteiksi ja alemman arvon käyttötarkoituksiin, kuten eristeiksi, puhdistusliinoiksi ja täytteiksi, kierrätetään vain 12 %-15 % tuotetuista vaatteista. Vaateteollisuus käyttää merkittävästi maapinta-alaa, kuluttaa vettä ja tuottaa hiilidioksidia. (Ellen Macarthur foundation 2017, Stanescu 2021). Valmistuksen ympäristövaikutukset ovat materiaaliikohtaisia, valmistus kuluttaa enemmän puhdasta vettä, kun taas synteettisten kuitujen valmistus vaatii enemmän energiaa. (Niinimäki et al. 2020). Vaateteollisuuden neitseellisistä raaka-aineista 63 % oli muovipohjaisia ja 26 % puuvillapohjaisia kuituja. Materiaalikiertoja edistämällä olisi mahdollista vähentää fossiilisten raaka-aineiden osuutta sekä pienentää maankäytön kuormaa ja puhtaan veden kulutusta. Kestävästi valmistettujen kuitumateriaalien lisäksi myös valmistuksessa käytettävien väriaineiden ja kemikaalien tulisi olla biopohjaisia. (Ellen MacArthur Foundation 2017).

Tekstiilimarkkinoiden odotetaan kasvavan seuraavan kymmenen vuoden aikana jopa 40 prosenttia (Harlin & Mäkelä 2021). Nykyiset luonnonvarat eivät riitä vastaamaan jatkuvasti kasvavan tekstiiliteollisuuden kysyntään. (Kuituus, 2021). Tekstiilijätteen erilliskeräys alkaa EU:ssa viimeistään 2025 (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2018/851 11 §). Tätä tukemaan laaditaan EU:n tekstiilistrategia, jonka tavoitteina on muun muassa tuottajavastuun lisääminen ja poistotekstiilien kierrätyskapasiteetin varmistaminen (Sten, 2022). VTT:n alustavan arvion mukaan tekstiilien mekaanisen kierrätyksen vuosittainen markkinapotentiaali olisi vähintään 60 miljoonaa euroa ja voisi yltää jopa 120 miljoonaan (VTT, 2020).

Suomessa tekstiilin erilliskeräysvelvoite alkoi vuonna 2023 (Valtioneuvosto, 2021). Erilliskeräyksen käynnistämistä on edistänyt monialainen yhteistyöverkosto Telaketju, joka kehittää Suomessa poistotekstiilien keräystä, lajittelua, jatkojalostusta ja kiertotalouteen perustuvia liiketoimintamalleja. Verkosto on toteuttanut kehityshankkeita ja tutkimusta tekstiilien kiertotalouden edistämiseksi sekä poistotekstiilin jalostuslaitostoiminnan käynnistämiseksi. Telaketjun verkkosivuille on koottu kattavasti tietoa näistä teemoista (Telaketju, 2023). Muutamat kunnalliset jätehuolto-yhtiöt ovat aloittaneet erilliskeräysten pilotointeja poistotekstiileille jo ennen erilliskeräysvelvoitteen alkamista 2023. (LAB Ammattikorkeakoulu, 2021.)

Tekstiilijätteen määrä Päijät-Hämeessä ja Suomessa

Dahlbo et al. (2021) tekemän, vuoden 2019 dataan perustuvan kartoituksen mukaan vaatteiden ja kodintekstiilien kulutus on pysynyt suunnilleen vakiona, 11 kg per asukas vuonna 2012 (Dahlbo et al. 2015) ja 11,3 kg per asukas vuonna 2019. Tämä tekisi Päijät-Hämeen väkilukuun suhteutettuna noin 2,3 kilotonnia uutta tekstiiliä vuosittain. Aiempiin selvityksiin perustuvia arvioita tekstiilivirroista suhteutettuna Päijät-Hämeen väkilukuun on koottu taulukkoon I. Valtaosa (67 %) hyväkuntoisista poistotekstiileistä päätyy hyväntekeväisyysjärjestöjen kautta ulkomaille (Dahlbo et al. 2019), nämä virrat on rajattu käsittelystä. Virtanen (2018) arvioi perustui 2012 dataan, mutta siinä huomioitiin muun muassa orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto 2016 alkaen. Ulkomaille päätyvien poistotekstiilien jatkohyödyntämisestä on haastavaa kerätä tarkempaa tietoa.

Kotitaloudet kuluttavat noin 83 % uusista tekstiileistä, mikä vastaa noin 52 kilotonnia. Tästä noin 79 % on vaatteita ja loput kodin tekstiilejä. Uusista tekstiileistä 23 kilotonnia päätyi erilliskeräyksiin loppujen (yli 40 kt) päätyessä pääosin kunnalliseen sekajätteeseen (Dahlbo et al., 2021). Sekajätteen lajitteluprosesseista tekstiilit päätyvät todennäköisesti korkean lämpöarvon jakeisiin, joista tehdään kierrätyspolttoainetta (SRF – Solid recovered fuels). Kotitalouksien poistotekstiilit päätyvät tällä hetkellä joka kunnalliseen sekajätteeseen (64 %) tai uudelleenkäyttöön hyväntekeväisyysjärjestöjen keräyksistä (36 %). Uudelleenkäyttöön päätyvästä jakeesta 66 % viedään ulkomaille, 16 % päätyy suomalaisiin kotitalouksiin ja loput poltetaan huonon laadun vuoksi. (Dahlbo et al. 2021). Sekajätteen joukossa olevat likaavat jakeet, kuten biojätteet pilaavat tekstiilin helposti, joten tekstiilien hyödyntäminen edellyttää erilliskeräystä. Poistotekstiilien osuus sekajätteessä tulee todennäköisesti pienenemään merkittävästi 2023 alkaneen tekstiilien erilliskeräyksen ansiosta. (Valtioneuvosto, 2021). Velvoite on jo nyt näkynyt kerätyn poistotekstiilin määrässä, kun jätehuoltoyritykset käynnistivät keräyksiä valmistautuakseen tulevaan.

Kivon (2023) mukaan tekstiilijätteen osuus kotitalousjätteestä on noin 5 %, mistä noin puolet on vaatteita ja loput muita kankaita. Kuivapaino tekstiilijätteelle on hieman pienempi Dahlbo et al. (2021) käyttivät selvityksessään kotitalousjakeen tekstiilien kuivapainolle kerointa 0,74. Vuonna 2021 Päijät-Hämeen kunnallisen jätehuoltoyrityksen, Salpakierron, vastaanottamasta kokonaisjättemäärästä yhdyskuntajätteen osuus kokonaisjättemäärästä oli 82 %. Salpakierron keräämästä sekajätteestä tällä hetkellä on tekstiilejä ja jalkineita 5,7 %, energiajätteelle vastaava osuus on 7,7 %. Sekä huonekalujen, että yhdyskuntajätteen mukana Salpakierrolle tulevat tekstiilit päätyvät käsittelyprosesseissa polttoon menevään jakeeseen. (Salpakierto, 2021).

Taulukko I Aiempiin tutkimuksiin perustuen arvioitu poistotekstiilien hyödyntäminen Päijät-Hämeessä (Dahlbo et al. 2015, Virtanen 2018, Dahlbo et al. 2021)

Materiaalivirrat [kt]	Dahlbo 2015	Virtanen 2018	Dahlbo 2021
Perustuu dataan vuodelta	2012	2012	2019
Poistotekstiili	2,75	3,37	3,24
Uusiokäyttö (Päijät-Häme)	0,62	-	0,14
Materiaalikäyttö	0,18	0,12	0,56
Energiakäyttö	0,93	2,95	1,94
Kaatopaikka	1,32	-	-
Vienti	0,32	0,3	0,52

Poistotekstiilin materiaalit

Texvex Forssassa tehdyn koostumustutkimuksen mukaan poistotekstiilistä noin 90 % voidaan käyttää uudelleen (35 %) tai kierrättää (55 %) ja loppujen 10 % päätyessä energiakäyttöön (Dahlbo 2015). Kierrätystä varten materiaalit tulisi menetelmästä riippuen luokitella käytettyjen raaka-aineiden perusteella (Damayanti et al., 2021):

- Luonnonkuituihin
 - Selluloosapohjaiset kuidut kuten puuvilla, pellava ja hamppu
 - Proteiinipohjaisiin kuituihin kuten villa ja silkki
- Tekokuituihin
 - Prosessoidut luonnonkuidut kuten viskoosi
 - Synteettiset kuidut kuten öljypohjaiset polyesteri ja nailon.

Maailman kuitutuotannosta noin 55 % polyesteriä, 27 % puuvillaa, 6 % selluloosapohjaisia muuntokuituja ja loput polyamidia, polypropeenaa, akryyliä ja villaa (Kamppuri et al., 2019). Texvexin materiaalitutkimuksessa poistotekstiilistä noin 60 % oli puuvillaa, 35 % polyesteriä ja loput 5 % akryyliä villaa ja fleecettä. Tutkimuksessa ei huomioitu eri kuitujen sekoituksia. (Dahlbo et al. 2015). Lahden kierrätyskeskus Patinassa tehdyn tutkimuksen mukaan poistotekstiileistä oli 51 % sekakuituja, 33 % puuvillaa, 9 % polyesteriä ja 7 % muita kuituja (Cura & Heikinheimo, 2016). Näiden perusteella arvioitiin poistotekstiilien hyödynnettäviä materiaalivirtoja Päijät-Hämeessä (Taulukko II).

Taulukko II Aiempien tutkimusten perusteella arvioitu potentiaalisesti hyödynnettävät poistotekstiilivirrat Päijät-Hämeen alueella. (Dahlbo et al. 2015, Virtanen 2018, Dahlbo et al. 2021, Cura & Heikinheimo, 2016).)

Materiaalivirrat [t]	Dahlbo 2015	Virtanen 2018	Dahlbo 2021
Uudelleenkäyttö 35%	962	1 180	1 134
Materiaalikierto 55%	1 512	1 854	1 783
Sekakuituja	771	945	909
Puuvillaa	499	612	588
Polyesteriä	136	167	160
Energiäkäyttö 10%	275	337	324

Dahlbo et alin (2021) mukaan data on puutteellista varsinkin kuluttajien välisten tekstiilivirtojen osalta. Lisäksi eri toimijoiden tilastointitavat saattavat aiheuttaa eroavaisuuksia tuloksiin. Esimerkiksi vaatteita tilastoidessa mukaan saatetaan laskea jalkineet, jotka harvoin soveltuvat tekstiilin kierrätykseen. Lisäksi kaikki tekstiilijakeita ei tilastoida massaan perustuen, esimerkiksi tulli ja tilastokeskus käyttävät myös tekstiilin arvoon ja kappalemäärään perustuvaa tilastointia.

Tekstiilien lajittelu

Tekstiilien lajittelu uudelleen käytettäviin ja kierrätettäviin materiaalin tehdään tällä hetkellä käsin. Käytännössä tekstiilimateriaaleja voidaan tunnistaa koneellisesti, mutta tekstiilien kunnan tunnistamiseen tarvitaan ihmissilmää toistaiseksi. Hyväkuntoiset tekstiilit voidaan käyttää sellaisenaan ja hajonneet kierrättää, kun taas likaiset, märät ja homehtuneet joudutaan hävittämään. (Rintala & Arvez, 2022). Mekaaninen jalostuslinjasto pystyy erottelemaan pienet vetoketjut ja napit kuiduista käsittelyprosessin aikana mutta isommat määrät epäpuhtauksia tai nahkaa on eroteltava etukäteen. Käytännössä tekstiilit erotellaan käsin neljään eri jakeeseen materiaalien perusteella: selluloosakuidut, villa, seka- ja tekokuidut (Lounais-Suomen jätehuolto, 2022).

Tekstiilien kuitumateriaalien tunnistaminen on pystytty automatisoimaan hyödyntämällä NIR-tekniikkaa (Near infrared – lähi-infrapuna) (Kamppuri et al. 2019b). Ongelmia aiheuttavat kuitenkin esimerkiksi pinnoitetut tekstiilit sadetakki, monikerrosrakenteet, vaihtelevat koostumukset ja läpinäkyvät tai hyvin ohuet kankaat. (Kamppuri et al. 2019a, Manshoven et al. 2019). LABin kiertotalouslaboratoriossa on tähän tekniikkaan perustuva pilot-mittakaavan Reiskatex-tekstiililajittelulaitteisto. Laitteisto tunnistaa ja lajittelee tekstiilejä kuitumateriaalien perusteella. Linjastoon on kehitetty Reiskatexia tukemaan tekoälyyn perustuvia ominaisuuksia esimerkiksi kuiturakenteen ja värin tunnistamiseksi. (Kamppuri et al 2019b).

Eri kierrätysmenetelmät vaativat usein korkeaa puhtausastetta ja kuitumateriaaleihin perustuvaa lajittelua. Telaketju-hankkeessa kysyttiin tekstiilinkierrätyksen toimijoilta, mitkä ovat keskeisimpiä tietoja materiaalista käsittelyprosessin/tuotteen kannalta. Tärkeimpinä listattiin koostumus, puhtaus,

käyttöhistoria, kemikaalit ja väri. Tekstiilien kierrätys on kasvava markkina, mutta se on kooltaan vasta prosentin luokkaa tekstiiliteollisuuteen verrattuna (Heikkilä et al. 2021).

Menetelmiä tekstiilimateriaalien kierrätykseen on paljon ja niitä tutkitaan jatkuvasti

Kaikkien kierrätysmenetelmien kannalta olennaista olisi poistotekstiilin lajittelun toimivuus. LABin Tekstiilit kiertoon Päijät-Hämeessä ja Tekstiilit kiertoon 2.0 hankkeissa on selvitetty parhaita mahdollisuuksia tekstiilien erilliskeräyksen järjestämiseksi Päijät-Hämeessä ja Etelä-Karjalassa. Lisäksi hankkeissa on pilotoitu erilliskeräystä sekä selvitetty poistotekstiilin laatua ja koostumusta. (LAB Ammattikorkeakoulu 2021, 2022 ja 2023).

Mekaanisessa kierrätyksessä tekstiilien rakenteet avataan täysin kuiduiksi repimällä ne koneellisesti auki. Tämä lyhentää kuitujen pituutta, mikä aiheuttaa haasteita jatkohyödyntämisen kannalta. Langan valmistuksessa silputun kuidun sekaan joudutaan sekoittamaan pidempää neitseellistä kuitua laadun parantamiseksi. (Kamppuri et al. 2019a) Suomessa mekaanista kierrätystä tekevät esimerkiksi Dafecor, Rester ja Lounais-Suomen jätehuolto. (Telaketju, 2023). Mekaaninen kierrätyksen etuna on, että ei vaadi kemikaaleja, valkaisu- tai väriaineita. Nykyisissä käyttötarkoituksissa se ei vaadi yhtä homogeenistä raaka-ainetta kuin kemialliset menetelmät. Mekaaninen kierrätys on edullisin ja vähiten energiaa kuluttava vaihtoehto. (Dahlbo et al., 2015., Kamppuri et al. 2019a)

Mekaanisen kuitujen kierrättämisen lisäksi tekstiilipolymeerejä voidaan jalostaa kierrätettävään muotoon kemiallisilla tai termomekaanisilla prosesseilla. **Kemiallisessa kierrätyksessä** monomeereiksi pilkotusta polyesterikuidusta voidaan valmistaa neitseellistä vastaavaa kuitua, mutta prosessi on kalliimpi kuin terminen kierrätys. (Kamppuri et al. 2019a). Synteettisten tekstiilikuitujen kemiallista kierrätystä ei tehdä vielä laitosmittakaavassa ja tällaisen toiminnan käynnistäminen vaatisi merkittäviä investointeja (Kamppuri et al. 2021). Puuvillan selluloosakuidut voidaan liuottaa ja käyttää raaka-aineena sellupohjaisille muuntokuidulle. Materiaalin tulee kuitenkin olla 97-98 % puuvillaa. (Kamppuri et al. 2019a). Sellupohjaisten kuitujen käsittelylaitosten etuna on, että ne pystyvät käsittelemään raaka-aineena myös muita selluloosan lähteitä kuten metsäteollisuuden sivuvirtoja, esimerkkinä Infinited Fibre Company. (Kamppuri et al. 2019a).

Termisessä kierrätyksessä silputun tekstiilimassan polymeerit sulatetaan ja palautetaan uudelleen kuitumuotoon. Menetelmä toimii muovipohjaisille kuiduille. Muovipohjaisten kuitujen kemiallinen kierrättäminen kuitenkin vaatii kullekin kuitumateriaalille spesifin prosessin eikä raaka-aine saa juurikaan sisältää muita materiaaleja. Lisäksi kuitujen ominaisuudet kärsivät polymeeritasolla, eikä niitä voi hyödyntää tekstiilien raaka-aineena (Dahlbo et al. 2015, Kamppuri et al. 2019a).

Pyrolyysissa eli kuivatuslauksessa tekstiilijae tai muu orgaaninen aines hajotetaan korkeassa lämpötilassa ja hapettomissa olosuhteissa. Lopputuotteena saadaan biohiiltä, bioöljyä ja kaasua. Reaktioajalla ja lämpötilalla voidaan vaikuttaa lopputuotteiden koostumukseen (Athanasopoulos & Zabaniotou, 2022). Öljystä voidaan jalostaa esimerkiksi biokemikaaleja tai polttoainetta, ja biohiiltä voidaan käyttää vedepuhdistuksessa, maanparannuksessa tai lääketeollisuudessa. Prosessi on yksinkertainen ja sitä voidaan käyttää myös sekalaisille ja lajittelemattomille tekstiilijakeille. Pyrolyysi kuitenkin kuluttaa sähköä ja haluttujen lopputuotteiden saanto riippuu syötettävästä materiaalista (Athanasopoulos & Zabaniotou, 2022., Ruokamo, 2022).

Kierrätetyn tekstiilin käyttökohteet

Mekaanisesti kierrätettyjen kuitujen käytölle asettaa haasteita kuitupituus. Varsinkin tekstiilistä tekstiiliksi-kierrätyksessä tämä aiheuttaa haasteita, sillä lyhyet kuidut eivät anna yksinään riittävää lujuutta langalle, eikä alle 5 mm mittaista kuitua saada hyödynnettyä lainkaan. Lisäksi kuitujen

rakenne kärsii repimisestä, joten kuidun laatu heikkenee. (Kamppuri et al. 2019a). Mekaanisesti kierrätetyn puuvillaan hyödyntäminen tekstiilin raaka-aineena vaatii neitseellisen materiaalin lisäämistä kierrätettyyn. (Manshoven et al. 2019). Mekaanisesti kierrätettyä kuitua voidaan kuitenkin hyödyntää sellaisenaan tai siitä voidaan valmistaa kuitukangasta. Näin kierrätettyä kuitua käytetään esimerkiksi eristemateriaaleissa, imeytystuotteissa, akustiikkalevyissä ja täytemateriaaleissa. Mekaanisesti kierrätettyä kuitua voidaan hyödyntää myös komposiittimateriaalien valmistuksessa kuituna tai synteettisten kuitujen tapauksessa myös matriisimateriaalina. (Kamppuri et al. 2019a)

Synteettisiä kuituja, kuten polyesteri, polyamidi ja polypropeeni voidaan kierrättää **termisesti** (sulattamalla) uusiksi muovituotteiksi. Kierrätetyn materiaalin puhtaus sekä edellisen tuotteen käytön aikana tapahtuneet muutokset muovissa vaikuttavat lopputuotteen ominaisuuksiin. (Kamppuri et al. 2019a). Käytännössä kierrätettyjen synteettisten kuitujen raaka-aineena käytetään tällä hetkellä muovipulloja eikä tekstiilejä. Tekstiilistä tekstiiliksi kierrätystä ei juurikaan toistaiseksi tehdä. Kuluttajien poistotekstiilien synteettiset kuidut ovat puhtaanakin liian heterogeenisia uusiokäyttöön tekstiileinä. Myös kuitujen mekaaniset ominaisuudet kärsivät usein kierrätyksestä (Manshoven et al. 2019).

Kemiallisesti kierrättämällä selluloosakuiduista saadaan esimerkiksi viskoosia tai lyocell-kuituja, joista voidaan valmistaa lankaa kuten neitseellisistäkin muuntokuiduista. Myös synteettisille kuiduille on kehitetty kemiallisia kierrätysmenetelmiä kuten glykolyysi, pyrolyysi ja ammonolyysi. Menetelmissä kuidut pilkotaan kemiallisesti pienemmiksi paloiksi, monomeereiksi, jolloin niistä voidaan valmistaa muita kemikaaleja tai täysin uudenveroisia polymeerejä. Menetelmissä kuluu kuitenkin energiaa ja kemikaaleja, eivätkä ne vielä ole kaupallisella tasolla. Muitakin kemiallisia kierrätysmenetelmiä on. Mekaaninen kuitujen kierrätys on toistaiseksi yleisin menetelmä, monien vaihtoehtoisen teknologioiden ollessa vielä pilotointitasolla. (Kamppuri et al. 2019a).

Yhteenveto

Tekstiiliteollisuus on pitkään aiheuttanut merkittäviä hiilidioksidipäästöjä, kuluttanut puhdasta vettä sekä vaatinut huomattavia maapinta-aloja. Vuoteen 2023 asti merkittävä osa poistotekstiilistä on päätynyt kunnallisen sekajätteen mukana poltettavaksi. Tämän vuoden alussa alkanut poistotekstiilien erilliskeräys on kuitenkin iso askel kohti arvokkaan jakeen tehokkaampaa hyödyntämistä. Päijät-Hämeessä tekstiilijätettä syntyy vuosittain yli 3 kt, josta polttoon päätyy jopa 60%. Kuitenkin jopa 35% poistotekstiileistä voitaisiin käyttää uudelleen sellaisenaan ja 55% hyödyntää materiaalina.

Toistaiseksi poistotekstiilien kierrätys keskittyy pääasiassa mekaanisiin prosesseihin, jossa kierrätettävän kuitumateriaalin laatu huononee. Kemiallisia kierrätysmenetelmiä kehitetään jatkuvasti, mutta niiden yleistymistä jarruttaa toistaiseksi suuremmat investointi- ja käyttökustannukset. Monia muitakin menetelmiä on kehitetty eri kuitumateriaalien kierrättämiseksi sellaisenaan tai uudenveroisina raaka-aineina, mutta tyypillisesti menetelmät vaativat nykyistä edistyneempää lajittelua heterogeenisiin ja puhtaisiin jakeisiin. Lajittelu tapahtuu uudelleenkäytettäviin ja pilaantuneisiin jakeisiin tehdään toistaiseksi käsin, prosessin tehostaminen esimerkiksi konenäön avulla voisi mahdollistaa arvokkaampien kierrätystuotteiden valmistamisen.

Lähteet

Athanasopoulos, P., Zabaniotou, A. 2022. Post-consumer textile thermochemical recycling to fuels and biocarbon: A critical review. Science of The Total Environment. Volume 834. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155387>

Cura, K., Heikinheimo, L. 2016. Identifying textile fibres in discarded textiles – Case Patina. Lahti Cleantech Annual Review 2016. The publication series of Lahti University of Applied Sciences, part 24. Lahden ammattikorkeakoulu. ISSN 2342-7507. Sivut 22-29.

Dahlbo, H., Rautiainen, A., Savolainen, H., Oksanen, P., Nurmi, P., Virta, M., Pokela, O. 2021. Textile flows in Finland. SYKE, Turku University of Applied Sciences (Turku UAS). ISSN 1459-7764.

Dahlbo, H., Aalto, K., Salmenperä, H., Eskelinen, H., Pennanen, J., Sippola, K., Huopalahti, M. 2015. Tekstiilien uudelleenkäytön ja tekstiilijätteen kierrätyksen tehostaminen Suomessa. Suomen ympäristö 4/2015. Ympäristöministeriö. ISSN 1796-163. Viitattu 28.2.2023. Saatavilla: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/155612/SY_4_2015.pdf

Damayanti, D., Wulandari, L., Bagaskoro, A., Rianjanu, A., Wu, H. 2021. Possibility routes for textile recycling technology. Polymers. 13, 3834. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/polym13213834>

Ellen Macarthur foundation. 2017. A new textiles economy: redesigning fashion's future. Viitattu 28.2.2023. Saatavilla: <https://ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>

Harlin, A & Mäkelä, M. 2021. Tekstiilikuidun tehokas kierrätys alkaa pian – Suomi edelläkävijänä. VTT – Blogi. Viitattu 28.2.2023. Saatavilla: <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-jarjarinat/tekstiilikuidun-tehokas-kierratys-alkaa-pian-suomi-edellakavijana>

Heikkilä, P., Cheung, M., Cura, K., Engblom, I., Heikkilä, J., Järnefelt, V., Kamppuri, T., Kulju, M., Mäkiö, I., Nurmi, P., Palmgren, R., Petänen, P., Rintala, N., Ruokamo, A., Saarimäki, E., Vehmas, K., Virta, M. 2021. Telaketju - Business from Circularity of Textiles. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Research Report No. VTT-R-00269-21

LAB Ammattikorkeakoulu. 2021. Tekstiilit kiertoon. Verkkosivut. Viitattu 28.2.2023. Saatavilla: <https://lab.fi/fi/projekti/tekstiilit-kiertoon>

LAB Ammattikorkeakoulu. 2022. Tekstiilit kiertoon 2.0. Verkkosivut. Viitattu 28.2.2023. Saatavilla: <https://lab.fi/fi/projekti/tekstiilit-kiertoon-20>

LAB Ammattikorkeakoulu. 2023. Etelä-Karjalan poistotekstiilit kiertoon. Verkkosivut. Viitattu 28.2.2023. Saatavilla <https://lab.fi/fi/projekti/etela-karjalan-poistotekstiilit-kiertoon>

Kamppuri, T., Kallio, K., Mäkelä, S-M., & Harlin, A. 2021. Finland as a forerunner in sustainable and knowledge-based textile industry - Roadmap for 2035. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Research Report No. VTT-R-00684-21.

Kamppuri, T., Heikkilä, P., Pitkänen, M., Saarimäki, E., Cura, K., Zitting, J., Knuutila, H., & Mäkiö, I. 2019a. Tekstiilimateriaalien soveltuvuus kierrätykseen. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Tutkimusraportti No. VTT-R-0091-19.

Kamppuri, T., Heikkilä, P., Pitkänen, M., Hinkka, V., Viitala, J., Cura, K., Zitting, J., Lahtinen, T., Knuutila, H., Lehtinen, L. 2019b. Tunnistusteknologiat tekstiilien kierrätyksessä. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Tutkimusraportti No. VTT-R-00092-19

Kirsi Niinimäki, Greg Peters Helena Dahlbo Patsy Perry, Timo Rissanen and Alison Gwilt. 2020. The environmental price of fast fashion. Nature reviews – Earth environment. Saatavilla: <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9>

Kivo. 2023. Suomen kiertovoima. Verkkosivut. Kotitalousjätteen keskimääräinen valtakunnallinen koostumus. Viitattu 28.2.2023. Saatavilla: https://kivo.fi/ymmarramme/koostumustietopankki/kotitalousjätteen_koostumus_yhteenveto/

Kuituus. 2021. Kuituus-hanke. Poistotekstiilistä tuotteeksi – miksi, mitä, miten, kenen kanssa. Viitattu 28.2.2023. Saatavilla: <https://kuituus.aalto.fi/miksi/>

Lounais-Suomen jätehuolto. 2022. Poistotekstiilin keräys ja lajittelu. Verkkosivut. Viitattu 28.2.2023. Saatavilla: <https://poistotekstiili.lsjh.fi/poistotekstiilin-kerays-ja-lajittelu/lajitteluprosessi/>

Manshoven, S., Christis, M., Vercalsteren, A., Arnold, M. Nicolau, M. Lafond, E., Fogh, Mortensen, L.F., Coscieme, L. 2019. Textiles and the environment in a circular economy. European Environment Agency. Eionet Report. ETC/WMGE 2019/6. Viitattu 28.2.2023. Saatavilla: https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/etc-wmge-reports/textiles-and-the-environment-in-a-circular-economy/@@download/file/ETC-WMGE_report_final%20for%20website_rev20221118.pdf

Rintala, N., Arvez, E. 2022. Poistotekstiilin lajittelu vaatii tekniikkaa ja näppituntumaa. LAB Focus. Viitattu 22.2.2023 Saatavilla: <https://blogit.lab.fi/labfocus/poistotekstiilin-lajittelu-vaatii-tekniikkaa-ja-nappituntumaa/>.

Ruokamo, K. 2022. Panostoaminen pyrolyysilaitteisto. LAB Focus. Viitattu 22.2.2023 Saatavilla: <https://blogit.lab.fi/labfocus/panostoaminen-pyrolyysilaitteisto/>

Salpakierto. 2021. Seka- ja energiajätteen koostumustutkimus 2021. Viitattu 28.2.2023. Saatavilla: <https://salpakierto.fi/wp-content/uploads/2021/08/Loppuraportti-seka-ja-energiajätteen-koostumustutkimus-2021.pdf>

Stanescu, M. 2021. State of the art of post-consumer textile waste upcycling to reach the zero waste milestone. Environmental Science and Pollution Research (2021) 28:14253–14270. Saatavilla: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12416-9>

Sten, S. 2022. Uudelleenkäyttö jätepolitiikassa. Uudelleenkäytön aika on nyt - seminaari 22.11.2022. Materiaali saatavilla: https://www.kierratyskeskus.fi/tietoa_meista/hankkeet/circwaste_-_kohti_kiertotaloutta/uudelleenkayton_aika_on_nyt_-_seminaari_22.11.2022?utm_source=uutiskirje&utm_medium=uutiskirje&utm_campaign=Kiertotalousverkosto

Telaketju. 2023. Yhteistyöverkoston verkkosivut. Viitattu 28.2.2023. Saatavilla: <https://telaketju.turkuamk.fi>

VTT. 2020. Suomi etenee kohti poistotekstiilien tehokasta kiertotaloutta. Lehdistötiedote. Viitattu: 28.2.2023. Saatavilla: <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/suomi-etenee-kohti-poistotekstiilien-tehokasta-kiertotaloutta>

Valtioneuvosto. 2021. Suomen kestäväan kasvun ohjelma: Elpymis- ja palautumissuunnitelma. Helsinki: Valtioneuvoston julkaisuja 2021:52. [Viitattu 17.3.2023]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-840-6>

Virtanen, M. 2018. Kiertoliike: Kohti kiertotaloutta Päijät-Hämeessä. Lahden ammattikorkeakoulu
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-827-291-8>