



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ilona Raitis

Tekstiiliteollisuuden vaikutus maailman vesistöihin

Tekniikka
2024

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ilona Raitis
Opinnäytetyön nimi	Tekstiiliteollisuuden vaikutus maailman vesistöihin
Vuosi	2024
Kieli	suomi
Sivumäärä	69
Ohjaaja	Irma Hyry

Opinnäytetyö käsitteli tekstiiliteollisuuden vaikutuksia maailman vesistöihin keskittyen erityisesti ympäristövaikutuksiin ja kestävien ratkaisujen tarpeeseen. Tekstiiliteollisuuden vedenkulutus ja jätevesipäästöt ovat ympäristöriskejä, sillä prosessit, kuten värjäys ja kuitujen esikäsitteily, kuluttavat suuria määriä vettä ja saastuttavat vesistöjä myrkyllisillä kemikaaleilla, kuten natriumhydroksidilla. Tutkimusongelmana oli selvittää, miten tekstiiliteollisuuden vesistövaikutuksia voidaan vähentää uusilla menetelmillä. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys perustui ympäristötalouteen ja kestäväen kehityksen periaatteisiin. Keskeisiä käsitteitä olivat veden kulutus, saastuminen ja vähäpäästöiset tuotantoteknologiat, kuten ylikriittinen hiilidioksidi (scCO₂) -värjäys ja ASEC-teknologia, joka mahdollistaa veden täydellisen sisäisen kierron ja kiteisten sivutuotteiden muodostumisen.

Menetelminä käytettiin sekä kirjallisuuskatsausta että tapaustutkimuksia, joissa analysoitiin alan kestävien innovaatioiden vaikutuksia. Tutkimusaineisto sisälsi alan raportteja ja MEP in haastattelun. Haastattelu MEP Mika Aaltolan kanssa toi esiin EU:n roolin ja mahdollisuudet tukea kestävien teknologioiden laajempaa käyttöönottoa. EU:ssa on potentiaalia tukea innovaatioita rahoitusinstrumenttien ja politiikan avulla, mikä voisi nopeuttaa vihreiden teknologioiden käyttöönottoa globaalissa mittakaavassa.

Tutkimuksen keskeiset havainnot osoittivat, että uudet teknologiat, kuten scCO₂-värjäys, voivat vähentää vedenkulutusta ja saasteiden määrää. Investointikustannukset hidastavat laajamittaista käyttöönottoa. Ympäristöystävälliset käsitteilyjärjestelmät voivat lisätä noin 5–10 % kokonaiskustannukseen. Johtopäätöksenä todettiin, että tekstiiliteollisuuden on parannettava kiertotalouden ratkaisuja, jotta ympäristövaikutukset saadaan hallintaan ja kestäväen kehityksen tavoitteet saavutetaan.

Avainsanat	vesien saastuminen, vesistöjen säännöstely, vastuullisuus tekstiili- ja vaatetusteollisuus, tekstiilikuidut
------------	---

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Name of the Degree Programme Ympäristötekniologia

ABSTRACT

Author	Ilona Raitis
Title	The Impact of the Textile Industry on Global Waters
Year	2024
Language	Finnish
Pages	69
Name of Supervisor	Irma Hyry

In this thesis, the effects of the textile industry on global water resources were examined, focusing particularly on environmental impacts and the need for sustainable solutions. Water consumption and wastewater discharges from textile production pose environmental risks, as processes such as dyeing and fiber pre-treatment consume large amounts of water and pollute water bodies with toxic chemicals, such as sodium hydroxide. The research problem was to determine how the water-related impacts of the textile industry can be reduced using new methods. The theoretical framework of the study was based on environmental economics and the principles of sustainable development. Key concepts included water consumption, pollution, and low-emission production technologies, such as supercritical carbon dioxide (scCO₂) dyeing and ASEC technology, which enables internal water circulation and the formation of crystalline by-products.

The methods employed included both a literature review and case studies, with the research data comprising industry reports and an interview with an MEP. The interview with MEP Mika Aaltola highlighted the EU's role and opportunities to support the wider adoption of sustainable technologies. The EU has the potential to support innovations through financial instruments and policies, which could accelerate the global scale implementation of green technologies.

The key findings of the study indicated that new technologies, such as scCO₂ dyeing, can reduce water consumption and pollution. However, investment costs are slowing implementation. Environmentally friendly treatment systems can increase the total cost by about 5–10 %. The conclusion stated that the industry must improve circular economy solutions to control environmental impacts and achieve sustainable development goals.

Keywords Water pollution, water control, responsibility, textile and clothing industry, textile fibers.

SISÄLLYS

KÄYTETYT LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT	6
1 JOHDANTO.....	10
2 TEKSTIILITEOLLISUUDEN YLEISIMMÄT RAAKA-AINEET	13
2.1 Puuvilla.....	13
2.1.1 Puuvillan tuotanto ja viljely.....	14
2.1.2 Araljärven kohtalo.....	17
2.2 Viskoosi	19
2.3 Polyesteri	22
2.3.1 Polyesteri materiaalina	24
2.3.2 Polyesteri vaatteissa	25
2.3.3 Kuluttajan keinot vähentää mikromuovin joutumista vesistöihin	
25	
2.4 Nahka	29
3 VEDEN JA KEMIKAALIEN KÄYTTÖ JALOSTUKSESSA	31
3.1 Esikäsittely	31
3.2 Värjäys.....	33
3.3 Tehtaan vaikutus lähiympäristölle ja asukkaille	35
4 PIKAMUODIN SEURAUKSET	37
5 LAINSÄÄDÄNTÖ, HALLINTO JA EUROOPAN UNIONIN VAIKUTUS	40
5.1 Euroopan Unionin direktiivit ja niiden näkyvyys tekstiiliteollisuudessa. 40	
5.2 Kestävä kehitys ja kiertotalous tekstiiliteollisuudessa.....	42
5.3 MEP Mika Aaltolan haastattelu	45
5.4 Ecolabel.....	50
6 TULEVAISUUDEN HAHMOTTAMINEN	53
6.1 ASEC- prosessi.....	53
6.2 Hiilidioksidilla värjääminen	54
7 YHTEENVETO JA POHDINTA	56
7.1 Toimeksiantajan kommentit.....	56

7.2 Oma pohdinta	57
LÄHTEET	60

KÄYTETYT LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

Adiabaattinen

Termodynaaminen prosessi, jossa lämpöä ei vaihdeta ympäristön kanssa. Tämä tarkoittaa, että energia liikkuu järjestelmän sisällä ilman ulkoista lämmönvaihtoa, mikä voi tehostaa energiansästöä.

ASEC-teknologia (adiabaattinen soninen haihdutus ja kiteytys)

Innovatiivinen teknologia, joka haihduttaa vettä ilman ylimääräistä lämmön lisäystä hyödyntäen ilmanpaineen muutoksia ja ääniaaltoja. Käytetään erityisesti energiatehokkaassa kosteuden poistamisessa ja kiteyttämisessä. Soninen haihdutus on prosessi, jossa hyödynnetään äänen aaltojen energiaa aineen haihduttamiseksi. Tämä tapahtuu yleensä ultraäänen tai muiden korkean taajuuden ääniaaltojen avulla, jotka luovat korkean intensiteetin värähtelyjä nesteessä. Sonisen haihdutuksen etuna perinteisiin menetelmiin verrattuna on se, että se voi olla energiatehokkaampaa, koska se ei vaadi korkean lämpötilan tuottamista, vaan hyödyntää äänen tuottamaa energiaa.

Dispergointiväriaine

Väriaine, joka hajottaa väriainepartikkelit tasaisesti nesteeseen, mahdollistaen tasan väriä kiinnittymisen erityisesti synteettisiin kuituihin, kuten polyesteriin.

Downcycling

Prosessi, jossa käytetyt materiaalit kierrätetään, mutta ne muuttuvat vähemmän arvokkaaksi tai käyttökelpoiseksi materiaaliksi. Esimerkiksi käytetyistä vaatteista valmistetaan mattoja, eristysmateriaaleja tai vaahtomuovia, jolloin alkuperäisen materiaalin laatu ja käyttötarkoitus heikkenevät. Downcycling on silti hyödyllistä,

koska se estää materiaalin päätyminen kaatopaikalle, mutta ei hyödynnä sitä yhtä tehokkaasti kuin upcycling.

Fair Wear Foundation (FWF)

Kansainvälinen voittoa tavoittelematon järjestö, joka työskentelee parantaakseen työolosuhteita tekstiiliteollisuudessa. FWF tarjoaa yrityksille työkalut ja resurssit, joiden avulla ne voivat parantaa työpaikkojen turvallisuutta, työntekijöiden oikeuksia ja oikeudenmukaisia palkkoja. Fair Wear Foundationin jäsenet sitoutuvat noudattamaan tiukkoja työolojen parantamiseen tähtääviä käytäntöjä ja tekevät tiivistä yhteistyötä valmistajien kanssa varmistaakseen, että tuotteet valmistetaan eettisesti ja kestäväällä tavalla.

MEP (Member of European Parliament)

Euroopan parlamentin jäsen, joka osallistuu EU lainsäädäntötyöhön ja äänestää EU-politiikkaan liittyvistä asioista edustaen jäsenvaltioiden kansalaisia.

Merserointi

Kemiallinen käsittely puuvillalle, jossa kuituja käsitellään natriumhydroksidilla. Tämä parantaa kuidun kiiltoa, kestävyyttä ja kykyä imeä värejä.

Micronaire-yksikkö

Puuvillakuidun hienoutta ja kypsyyttä kuvaava mittayksikkö; korkea arvo osoittaa paksumpaa kuitua, mikä vaikuttaa kankaan hengittävyteen ja pehmeyteen.

Mikroni-yksikkö

Pituuden mittayksikkö, jossa 1 mikroni (μm) on miljoonasosa metristä eli mikrometri. Tekstiiliteollisuudessa mikronit ovat hyödyllisiä kuitujen hienouden mittaamisessa.

pH-arvo

Logaritminen asteikko (10-kantainen), joka kuvaa liuoksen happamuutta tai emäksisyyttä; yksikön muutos tarkoittaa 10-kertaista muutosta happamuudessa. Tekstiilivärjäyksessä pH vaikuttaa suoraan värin kiinnittymiseen.

Päällemenovärjäys

Värjäysmenetelmä, jossa uusi värikerros lisätään jo värjätylle kankaalle aiemman värin korostamiseksi tai muuttamiseksi, mikä mahdollistaa monivärisen efektin.

Ylikriittinen hiilidioksidivärjäys (scCO₂)

Ympäristöystävällinen värjäysmenetelmä, jossa käytetään ylikriittistä hiilidioksidia veden sijaan, mikä vähentää veden ja kemikaalien käyttöä.

Upcycling

Vanhojen tai käytettyjen materiaalien, kuten vaatteiden tai tekstiilijätteiden, muuntamista uudeksi tuotteeksi, joka on arvokkaampi tai laadukkaampi kuin alkuperäinen. Upcycling-prosessi parantaa materiaalin arvoa ja käyttökelpoisuutta. Esimerkkinä upcyclingista tekstiiliteollisuudessa voisi olla vanhojen farkkujen muuttaminen tyylikkääksi asusteiksi tai vaatteiksi. Tämä prosessi tukee kiertotaloutta ja vähentää uuden raaka-aineen tarpeen kasvua.

TEMU

Kansainvälinen verkkokauppa, joka tarjoaa laajan valikoiman kulutustavaroita, kuten vaatteita, elektroniikkaa ja kodintarvikkeita kilpailen globaalisti edullisilla hinnoilla.

Vastuullisuusraportti

Yrityksen julkaisema dokumentti, jossa se raportoi toiminnastaan sosiaalisten, ympäristö- ja taloudellisten vaikutusten näkökulmasta, erityisesti ympäristövastuullisuuden edistämiseksi.

1 JOHDANTO

Tekstiiliteollisuus on yksi maailmanlaajuisesti merkittävimmistä ja laajimmalle levinneistä teollisuudenaloista. Veden kulutus ja saastuminen ovat erityisen keskeisiä kysymyksiä, sillä tekstiiliteollisuuden prosessit, kuten puuvillan viljely, kuidun jalostus ja kankaan värjäys, kuluttavat suuria määriä makeaa vettä ja tuottavat huomattavan määrän saastuneita jätevesiä. Vesistöjen ylikuormitus ja saastuminen uhkaavat paitsi luonnon ekosysteemejä myös ihmisten terveyttä ja hyvinvointia. Kyseinen aihe on myös ollut vahvasti esillä mediassa (YLE, 2018). Tätä kautta itsekin kiinnostuin aiheesta, sillä näin paljon mielenkiintoista tutkimusmateriaalia tällä alalla. Olen katsonut dokumentin *Stacey Dooley: Totuus halpamuodista*, joka ei enää ole katsottavissa YLE Areenassa (YLE, 2019). Tämä dokumentti avasi omat silmäni pikamuodista ja sytytti kipinän tutkimaan itse aihetta syvemmin. Tutkimoni varrella olen syventynyt tekstiiliteollisuuteen ja erityisesti siihen, miten vesistöt tuhoutuvat sen myötä. Olen löytänyt opinnäytetöitä, joissa tutkitaan veden saastuneisuutta, mutta en ole vielä löytänyt tekstiilialaan keskittyvää opinnäytetystä samasta aiheesta. Siksi halusin itse tehdä tämän, sillä koen, että on tärkeää saada kuluttajien tietouteen, miten tekstiiliteollisuus saastuttaa. Näin voidaan vaikuttaa myös heidän ostokäyttäytymiseensä.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään yleisimpiin tekstiilin raaka-aineisiin. On siis huomioitava, että tekstiiliteollisuudessa käytetään raaka-aineita, jotka ovat yhtä vaarallisia ja saastuttavia ympäristölle kuin opinnäytetyössä käsiteltävät raaka-aineet. Raaka-aineet, jotka valikoituivat tähän opinnäytetyöhön, ovat yleisimpiä tekstiiliteollisuudessa käytettyjä ja kuluttajille tuttuja. Lisäksi pyritään selvittämään, millaisia ratkaisuja ja kehityssuuntia on olemassa vesistöjen kuormituksen vähentämiseksi ja ympäristöystävällisempien käytäntöjen edistämiseksi. Tämä työ havainnoi lukijalle ja kuluttajalle, mitä kaikkea tekstiiliteollisuudessa tapahtuu en-

nen kuin vaate puetaan päälle. Yhtenä tutkimuskysymyksenä on, mikä on Euroopan unionin rooli ja miten se pyrkii estämään veden liikakulutuksen ja saastuttamisen. Euroopan unionin toimintaa koskien olen haastatellut MEP Mika Aaltolaa.

Toimeksiantajana toimii konsultointiyritys Timil asiantuntijapalvelut Oy, joka on tuore konsultointiyritys. Yrityksellä on kokemusta eri teollisuuden aloilta ja sen kiinnostuksena ja tarkoituksena on syventää osaamista ja markkinatuntemusta energia- ja ympäristötekniikan alalla. Yrityksellä on alustavia keskusteluja kotimaisen tekstiilikierrätysyrityksen kanssa. Tässä opinnäytetyössä pyritään tarjoamaan toimeksiantajalle syvällisempi ja ajantasainen käsitys tekstiiliteollisuudesta ja sen nykytilasta. Tavoitteena on selvittää EU:n toiminnan laajuutta vesiensuojelussa ja siitä, voiko se vaikuttaa kuluttajakäyttäytymiseen. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan, mitä toimia Euroopan unioni voi tehdä vähentääkseen vesien saastumista ja liikakulutuksen. Tämä opinnäytetyö pyrkii myös vaikuttamaan kuluttajiin ja tuomaan heidän tietoisuuteensa tekstiiliteollisuuden negatiiviset puolet.

Tekstiilialan vaikutukset vesivaroihin voidaan jakaa kahteen pääasialliseen osaluokkaan: veden kulutukseen ja veden saastuttamiseen. Veden kulutuksessa käytetään makeaa vettä eri valmistusvaiheissa. Tämä on erityisen huolestuttavaa alueilla, joilla on jo ennestään vesipulaa. Yhteen puuvillapaitaan voidaan tarvita jopa 7 000 l vettä ja yksiin farkkuihin voi mennä huimat 11 000 l vettä. Tämä on paljon vettä, kun niitä vertaa suomalaisen käyttämään juomaveden määrään 5 l / vrk tai keskimääräiseen vedenkulutukseen 120 l / vrk. Vaatteet, jotka pueimme päälle arkielämässä, kattaa yhdeltä ihmiseltä noin 18 vuoden juomavedet. Keskimäärin yksi ihminen juo noin 1 000 l vettä vuodessa (Sari, 2018). Ainoat luonnonvaraisesti kasvatettavat tai viljeltävät tekstiilikasvit Suomessa ovat pellava, hamppu, tupasvilla ja nokkonen (Räisänen ja muut, 2017.). Euroopassa suurin viljeltävä luonnonmukainen tekstiilikuitu on puuvilla. Täten tekstiiliteollisuuden konkreettisia ongelmia ei Suomessa ole havaittavissa.

Veden saastuminen on laaja ongelma tekstiilien valmistuksessa. Tekstiilitehtaiden käyttämät kemikaalit, kuten väriaineet, liuottimet ja valkaisuaineet, kulkeutuvat usein puhdistamattomina tai puutteellisesti käsiteltyinä suoraan vesistöihin. Näillä päästöillä voi olla haitallisia vaikutuksia paikalliseen kasvistoon ja eläimistöön, ja ne voivat muuttaa vesiekosysteemien luonnollista tasapainoa.

2 TEKSTIILITEOLLISUUDEN YLEISIMMÄT RAAKA-AINEET

Raaka-aine on luonnonvara tai puolivalmiste, josta pystytään jalostamaan erilaisia lopputuotteita tai materiaaleja. Vaateteollisuudessa yleisimmät raaka-aineet ovat synteettiset tekokuidut ja luonnonkuidut. Yleisin luonnonkuitu on puuvilla, kun taas yleisin synteettinen materiaali on polyesteri. Luonnonkuituja saadaan kasveista tai puhdistamalla eläinten karvoista, kun taas tekokuituja saadaan luonnon kasveista yleisesti puulajeista tai maaöljyn jalostamisesta syntyvistä sivutuotteista. (Räisänen ja muut, 2017.)

2.1 Puuvilla

Puuvilla koostuu puuvillakasvien (lat. *Gossypium*) siemenkodista kasvavista kuituista, jotka ovat pääasiassa selluloosaa. Kasvilajeja on monia, ja niiden laatu sekä hinta vaihtelevat. Hintaan ja laatuun vaikuttaa erityisesti käytetty puuvillalajike. Viljelysvaiheessa käytetään paljon erilaisia ja myrkyllisiä lannoitteita, kemikaaleja ja tuholaistorjunta-aineita. Puuvilla kasvina on hyvin herkkä erilaisille tuholaisille ja kasvisairauksille, minkä takia sen viljelemisessä käytetään paljon eri myrkkyyjä. Myrkkyyjä käytetään runsaasti viljelyspinta-alaan verrattuna, mikä saastuttaa maailman vesistöjä ja ilmastoa sekä vähentää maailman monimuotoisuutta.

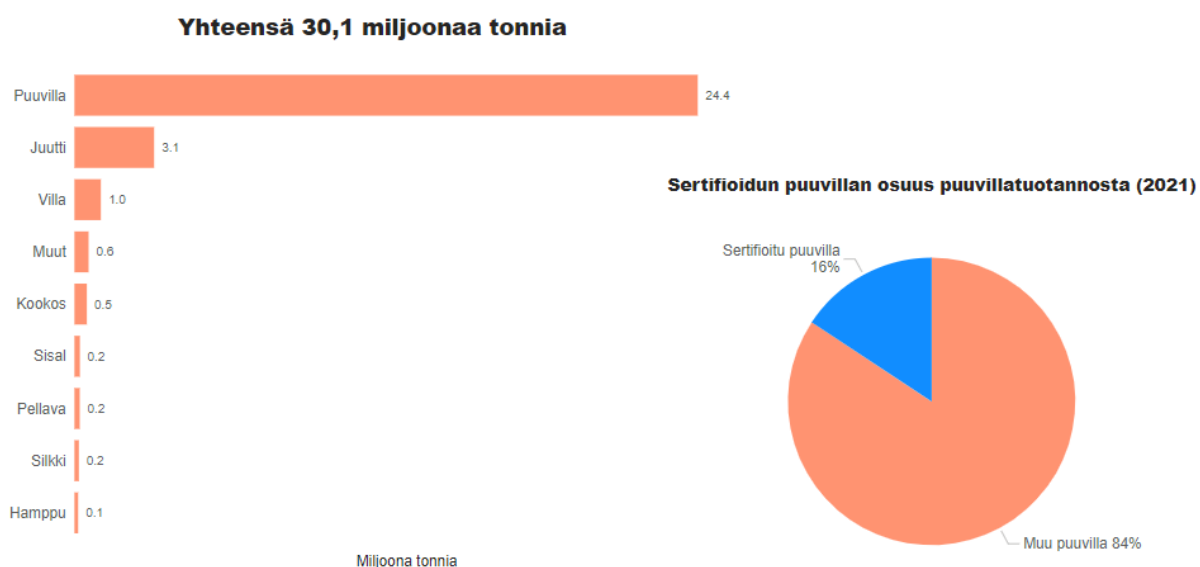
Puuvillan viljelemiseen kulutetaan paljon vettä, mutta vettä kulutetaan myös esikäsittelyssä, värjäyksessä ja viimeistelyssä. Puuvillakuitu itsestään imee paljon vettä itseensä, ja käsittelyn aikana tarvitaan enemmän vettä kuin synteettisten kuitujen värjäyksessä ja käsittelyssä. Koska puuvilla tarvitsee paljon vettä värjämisprosessissa, on kemikaalien tarve myös suurempi. Kemikaalien paljous korreloituu aina veden paljouden mukaan. (Räisänen ja muut, 2017.)

Keinokastelussa puuvillaa kasvatetaan alueella, jossa sitä normaalisti ei kasvaisi. Näillä alueilla käytetään paljon vettä, mikä vähentää pohjavesien määrää kuivatamalla niitä ja lisää maapinnan suolapitoisuutta. Puuvillaa kannattaa kasvattaa

alueilla, joissa sataa paljon. Täten ei tarvitsisi käyttää keinokastelumetodia. (Räisänen ja muut, 2017.)

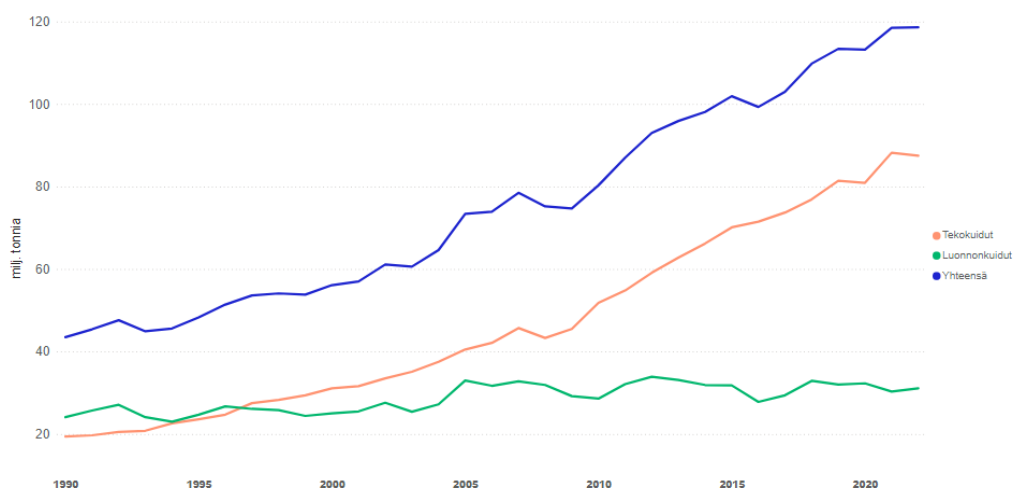
2.1.1 Puuvillan tuotanto ja viljely

Puuvillan tuotanto on ollut kasvussa jo vuosikymmenen (Räisänen ja muut, 2017.). Tekstiilikuiduista se on tuotetuin luonnonmateriaali (kuva 1).



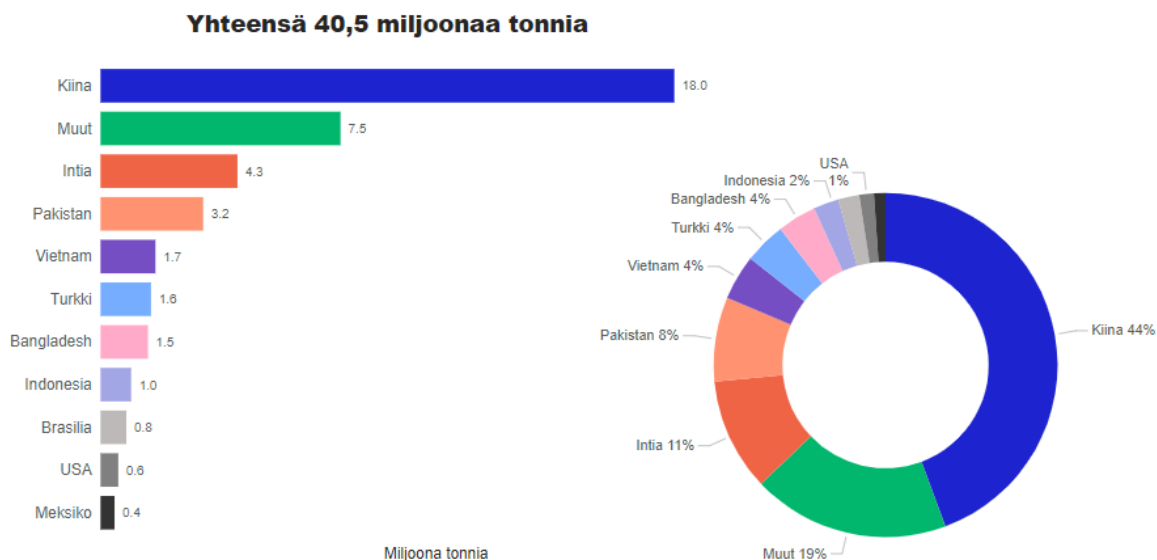
Kuva 1. Luonnonkuitujen kokonaistuotanto globaalisti 2021 (Salonen, n.d.).

Kuvassa 1 esitetään, kuinka puuvilla oli yksi tuottoisimmista luonnonkuiduista vuonna 2021. Kuvassa 1 tulee ilmi, että sertifioitua luonnonmukaista puuvillaa tuotetaan vain 16 % kokonaispuuvillatuotannon määrästä. (Salonen, n.d.) Sitä tuotetaan eniten Turkissa ja Intiassa. Kuvasta 2 käy ilmi, että luonnonkuitujen tuotanto on 1990 vuoteen verrattuna kokonaisuutena kasvanut hitaasti, samalla kun tekokuitujen tuotanto on kolminkertaistunut.



Kuva 2. Kuitujen kokonaistuotanto 1990–2022 Mt (Salonen, n.d.).

Puuvillan tuotantoa johtavat maailmanlaajuisesti Kiina (44 %) ja Intia (11 %), kuten kuvassa 3 esitetty vuoden 2022 data osoittaa. (Salonen, n.d.) Euroopassa eniten tuottaa Turkki ja Euroopan unioniin kuuluvista maista Kreikka. (Euroopan unioni, n.d.a) Euroopan unionin raportin mukaan Kreikassa viljellään puuvillaa 320 000 ha alueella, mikä kattaa noin 80 % EU:n tuotannon. Euroopan Unionissa tuotettu puuvilla kattaa vain 1 % koko maailman puuvillan tuotannosta.



Kuva 3. Puuvillalangan suurimmat tuotantomaat 2022 (Salonen, n.d.).

Puuvillaa voidaan poimia joko käsin tai koneella. Käsin poiminnassa laatu pysyy tasaisena ja korkeana. Sillä varmistetaan, ettei puuvillassa ole roskia ja että se on kypsyyssasteeltaan oikea. Tämä on kuitenkin hidasta ja kallista ja vaarantaa lisäksi poimijoiden terveyden. Puuvilla kasvatuksessa käytetään kasvinsuojeluaineita, jotka ovat ihmisille myrkyllisiä. (Räisänen ja muut, 2017.)

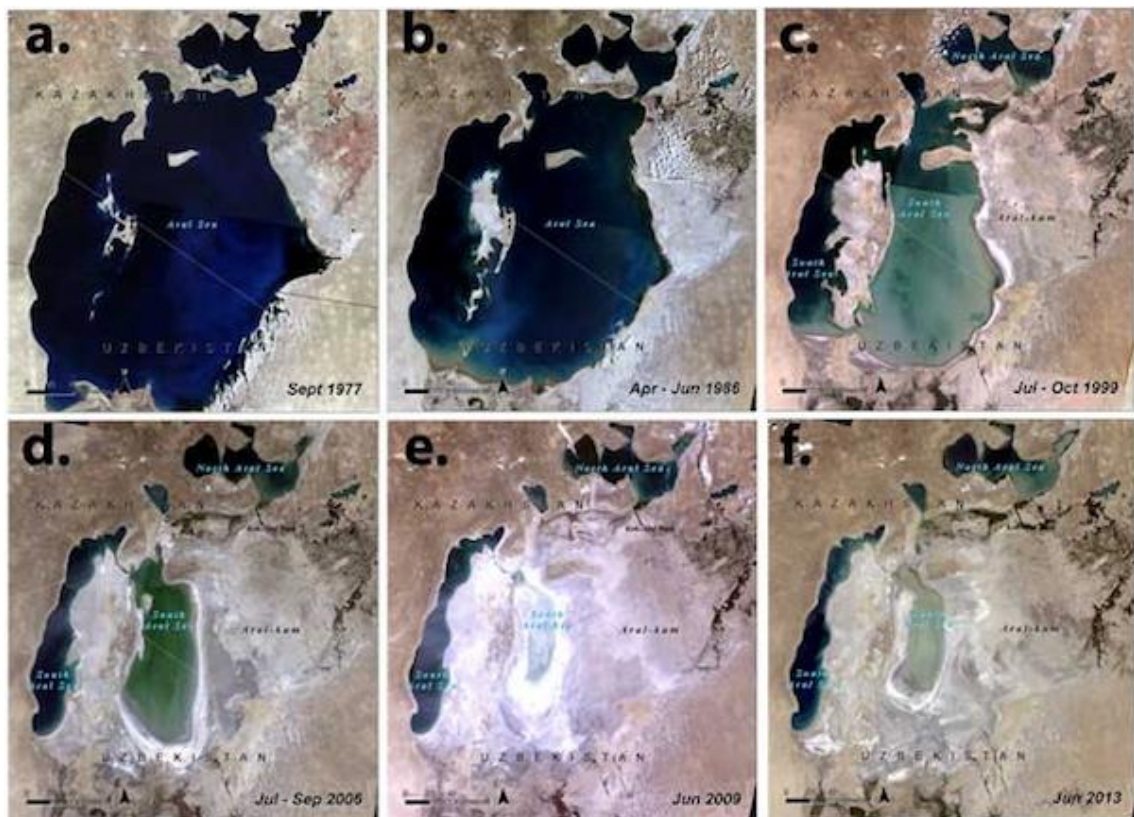
Konepoiminnassa laatu on vaihtelevaa, mutta tehokasta. Kone poimii lähes kaiken puuvillan kypsyyssasteesta riippumatta. Toki on koneitakin, jotka osaavat tunnistaa kypsyyssasteen oikeaksi, eivätkä poimi aukeamattomia kotia. Konepoiminnassa puuvillaan tulee myös roskia kodasta ja varsista. Täten laatu vaihtelee hyvinkin paljon, ja eikä kypsyyssaste ole aina optimi. (Räisänen ja muut, 2017.)

Loukutuksessa erotellaan siemenet ja kuidut toisistaan. Kun loukutus on valmis, tehdään laadun arviointi. Arvioinnissa otetaan huomioon väri, kuidun pituus ja ta-saisuus, hienous micronaire arvoilla, lujuus sekä roskaisuus. Micronaire-arvo tekstiilivaatteissa on yleisimmin 3,8–4,5. (Bayer, 2024.); (Euroopan unioni, 2024.) Micronaire-mittaus tehdään yleensä laittamalla puuvillakuitu suljettuun kammioon ja puristamalla se tiettyyn tilavuuteen ja altistamalla tietylle paineelle. Tulos riippuu

kuidun kypsydestä ja hienoudesta. Kuidun pituuden tulee olla vähintään 2,86 cm. Liian paksut tai ohuet kuidut voivat vaikeuttaa langan valmistusta ja värjäystä. Korkea micronaire voi johtua siitä, että puuvillakasvin hiilihydraattituotanto ylittää tarpeet, mikä paksuntaa soluseiniä. Tämä tapahtuu erityisesti kuivuuden aikana. Kasvukauden alun kuumat ja kuivat olosuhteet voivat johtaa korkeaan micronaireen. Micronaire-arvoon vaikuttavat monet tekijät, kuten istutusajankohta, lannoitus, tuholaisten torjunta, kastelu ja sadonkorjuun ajoitus. Sadonhallinnassa tärkeää on tasainen hedelmäkehitys, jotta hiilihydraatit jakautuvat tasaisesti puuvillakuituihin. (Bayer, 2024.)

2.1.2 Araljärven kohtalo

Yksi tunnetuin esimerkki tekstiiliteollisuuden aiheuttamista ympäristöhaitoista on Araljärvi, joka sijaitsee Keski-Aasiassa Kazakstanin ja Uzbekistanin alueella. Huomattavasti pienentyneen järven kuihtumisen syy on veden uudelleen ohjaus isoille puuvillaplantaaseille. Araljärven ekologinen kriisi juontaa juurensa Neuvostoliiton aikaan, jolloin päätettiin rakentaa laaja kastelukanavaverkosto kuiville aroalueille. Verkosto ohjasi vettä Amudarjan ja Syrdarjan aavikolle, missä oli isot puuvillaviljelmät. Neuvostoliittolaiset olivat tietoisia alueen vesivarojen käytön vaikutuksista, mutta eivät kyenneet arvioimaan niiden ympäristölle ja ekosysteemille aiheuttaman vahingon laajuutta, mikä johti Araljärven kuivumiseen. Tästä eteenpäin järvi on kutistunut osissa, mikä on havainnoitu kuvassa 4.



Kuva 4. Aral-järven kuivumisprosessi 1977–2013 (Eleraning Platform, n.d.).

Araljärvi oli maailman neljänneksi suurin järvi, mutta nykyään se on vain aavikko, jossa on enää pieniä erillisiä vesialueita (MAMOQ, 2019). Korkean suolapitoisuuden ja aavikoitumisen takia Araljärven alueesta on tullut suuri terveysriski sen ympärillä asuville. Sodan aikana Neuvostoliitto käytti kyseistä aavikkoaluetta omana biologisten aseiden testausalustanaan, myös perunaruton bakteereita on haudattu aavikkoalueelle. (Britannica, 2024.) Kun järvi alkoi kuihtua ja aavikon pohja näkymään, kyseiset bakteerit ja muut myrkyt nousseet taas pinnalle. Ne liikkuvat hiekkamyrskyjen mukana asuinalueille, minkä vuoksi aavikkoalueella esiintyy todella paljon esimerkiksi kurkkusyöpää. (Arstan, ja muut 2016.) Lukuisat hiekkamyrkyt peittävät asuinalueet ja aiheuttavat erilaisia sairauksia hengitysilman kautta. Kuivumisen myötä monet köyhät perheet ovat jääneet ruuatta. Araljärvi toimi monen perheen ja yrityksen kalapaikkana, josta he saivat elannon. Kuivumisen vuoksi kalakannat kuolivat ja jäljelle jäi vain suolainen aavikko. (BBC, 2018); (MAMOQ, 2019)

2.2 Viskoosi

Viskoosi, selluloosan muuntokuitu, on Suomessa yleisin valmistusmateriaali ja sen raaka-aineet ovat koivu ja kuusi. Sen suurimmat tuottajat maat ovat tällä hetkellä Kiina, Yhdysvallat, Intia, Indonesia ja Japani. Kyseisissä maissa viskoosin raaka-aineena yleisimmät materiaalit ovat pyökki, kaisla ja eukalyptus. Raaka-aineista se on yksi yleisimmistä, sillä viskoosi on hyvin imukykyinen eikä sähköisty helposti. Sen heikkous ilmenee vähäisenä lujuutena verrattuna polyesteriin. Viskoosi ja puuvilla ovat keskeisiä kuituja tekstiiliteollisuudessa, ja niiden vertailu paljastaa merkittäviä eroja sekä ympäristövaikutuksissa että teknisissä ominaisuuksissa. Anni Ruholan *Selluloosapohjaiset muuntokuidut (viskoosi, lyocell ja ioncell) puuvillan korvaajina tekstiiliteollisuudessa – kuitujen valmistusprosessit ja rakenne-erot* kandidaatintyössä todetaan, että vaikka viskoosilla on monia etuja, kuten pehmeys ja hyvä kosteuden hallinta, sen tuotanto on vesivaroja kuluttavaa ja sisältää kemikaaleja, jotka voivat saastuttaa ympäristöä. Puuvilla puolestaan vaatii Ruholan (2016) mukaan myös suuria määriä vettä viljelyssä, mutta sen prosessointi on useimmiten ympäristöystävällisempää.

Ruhola painottaa, että puuvillaa ei voida täysin korvata muuntokuiduilla, kuten viskoosilla, koska puuvillan ainutlaatuiset ominaisuudet, kuten kestävyys ja hengittävyys, eivät ole täysin saavutettavissa muuntokuitujen avulla. Puuvilla tarjoaa pitkäikäisyyttä ja kestävyyttä, mikä tekee siitä suosituksen vaihtoehdon erityisesti kestävämpien tuotteiden valmistuksessa. Viskoosi voi tarjota pehmeyttä ja esteettisiä etuja, mutta sen alhaisempi kestävyys ja ympäristövaikutukset asettavat Ruholan (2016) mukaan haasteita sen käytölle pitkän aikavälin ratkaisuisissa.

Viskoosi tunnetaan vaatemarkkinoilla halvempänä ja huonolaatuisempänä versiona puuvillasta. Viskoosikilon valmistukseen kuluu 450 litraa vettä, kun taas puuvillakiloon kuluu 11 700 litraa (Sari, 2018). Erotus on niin selkeä, että sillä pystyisi

ratkaisemaan puuvillan aiheuttamat vesipulat. Viskoosi halutaan luokitella ekologiseksi, mutta sitä se ei ole. Sen valmistus ei ole yhtä luonnonmukainen kuin puuvillan, sillä puuvilla voidaan jalostaa suoraan kehräämällä langaksi. Viskoosi ei kuitenkaan ole keinokuitu niin kuin polyesteri. Polyesterissä on nimittäin muovia, jota viskoosissa ei ole. Viskoosi voisi olla ilman suuria kemiallisia prosesseja, esimerkiksi värjääminen, biohajoava puolisynteettinen muuntokuitu. Eli itse vaate voi olla biohajoava, jos se on 100 % viskoosia, koska itse synteettinen kuitu on biohajoava. Mutta jos vaatteeseen on sekoitettu muita kuituja tai synteettisiä kuituja, esimerkiksi polyesteriä, ei vaate ole enää optimaalisesti biohajoava. Viskoosin tekoaiheessa se kulkee monen eri kemikaaliliuoksen kautta, mikä myös heikentää sen biohajoavuutta.

Miksi puuvillaa ei täysin korvata viskoosilla, vaikka viskoosin tuotanto on vedenkulutuksen kannalta ekologisempaa? Vastaus lienee kuluttajissa ja viskoosin teko-prosessissa. Vaikka viskoosi ei vaadi yhtä paljon vettä kuin puuvilla, sen ekologisuus ei ole välttämättä selvästi parempi verrattuna puuvillan tuotantoon. Viskoosin valmistuksessa käytetään lukuisia määriä kemikaaleja, jotka heikentävät viskoosin ekologisuutta. Ensimmäisenä se käsitellään natriumhydroksidilla, sitten rikkihiilellä (Työterveyslaitos, 2015), jolloin saadaan selluloosasta liuosmaista. Kun selluloosa on liuosmaista, voidaan siirtyä seuraaviin prosesseihin eli uudestaan natriumhydroksidiliuokseen, johon on lisätty haluttuja lisäaineita, esimerkiksi pigmenttejä tai palonsuoja-aineita. Tämän jälkeen siirrytään kehruukylpyyn, jossa on rikkihappoa, natriumsulfaattia ja sinkkisulfaattia. Viimeistelyksi kuitu pestään hapoista ja muista kemikaaleista ja valkaistaan. Jos tämä prosessi tehdään huolimattomasti vettä puhdistaan, on vaarana, että nämä kyseiset kemikaalit päätyvät vesistöihin. Jos veden puhdistus tehdään oikeaoppisesti, on tämä ekologisempi kuin puuvilla vesistöillemme. (Räisänen ja muut, 2017.) Kuluttajille on myös mainostettu viskoosia huonompana ja halvempänä versiona puuvillasta. Tämä on osittain totta, sillä viskoosin värit ja laatu heikkenevät nopeasti käytössä ja pesussa. Esimerkiksi sen peseminen oikeinpäin haihduttaa joka kerta väriä vaatteesta, jolloin jäljellä ovat vain haalistuneet värit.

On siis kiistanalaista, onko viskoosi ekologisesti parempi ratkaisu kuin puuvilla. Vedenkulutuksen osalta ero ei ole merkittävä, mutta jos kuluttaja valitsee laadukkaana puuvillatuotteen, joka on kestävä, pitkäikäinen ja säilyttää muotonsa eikä haalistuvan ja helposti rypistyvän viskoosin, voi pitkällä aikavälillä huomata, että valinta maksaa itsensä takaisin

Water footprint Network -raportin (2017) mukaan viskoosin tuotannon vesijalanjälki voi vaihdella suuresti, mutta suurimmat ympäristöongelmat liittyvät harmaaseen vesijalanjälkeen, joka kuvastaa saastuneen veden määrää. Harmaa vesijalanjälki viskoosin tuotannossa tarkoittaa saastuneen veden määrää, joka tarvitaan saasteiden laimentamiseksi ympäristön laatuvaatimusten mukaiseksi. Tämä kyseinen metodi on EU:n alueella lain vastaista direktiivin 200/60/EC mukaisesti (Euroopan unioni, 2014). Viskoosin valmistuksessa käytettävät kemikaalit, kuten rikkihiili (CS₂) ja natriumhydroksidi (NaOH), aiheuttavat merkittävää vesistöjen saastumista.

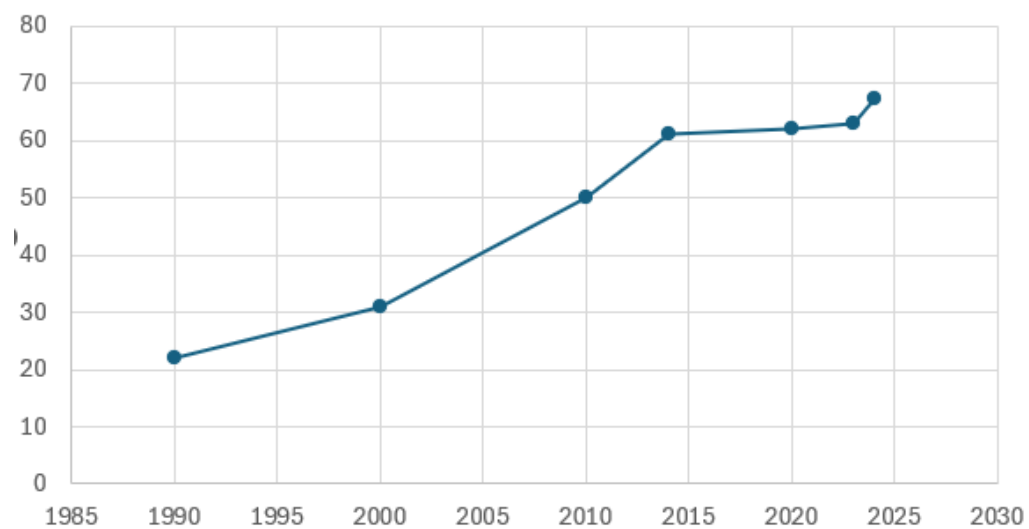
Rikkihiili on myrkyllinen yhdiste, jota käytetään selluloosan liuotusprosessissa, ja natriumhydroksidia käytetään sellun jalostuksessa. Näiden kemikaalien epäasianmukainen käsittely voi lisätä harmaata vesijalanjälkeä huomattavasti, mikä tekee tuotannosta ympäristölle kuormittavaa. Esimerkiksi viskoosin tuotannossa veden saastuminen johtuu pääasiassa kemikaalien käytöstä. Kemikaaleja käytetään yhtä kuitutonna kohden natriumhydroksidia 880 kg, rikkihiiltä 400 kg, rikkihappoa 1350 kg ja sinkkisulfaattia 150 kg. Näistä miltei kaikkia pystyttäisiin kierrättämään ja tarjoamaan toisille teollisuuden yrityksille. Tekstiilien materiaalit (Räisänen ja muut, 2017.)- kirjan mukaan kuitutonnin tuotantoon voi kuitenkin mennä jopa 800 000 litraa vettä, josta vain osan voi kierrättää. Näin myös kerrotaan Suomen Tekstiili ja Muoti- nettisivuilla. (Suomen Tekstiili ja Muoti, n.d.)

Monet viskoosikuitujen tuotantopaikat sijaitsevat alueilla, joilla on jo valmiiksi vakavia vesistöongelmia. Tämä tekee vesivarojen hallinnasta kriittisen osan kestävästä tuotannosta. Esimerkiksi Kiina, joka vastaa noin 65 % globaalista polyesterikuitujen tuotannosta ja 51 % liukosellun maailmanlaajuisista vientimääristä, kohtaa suuria

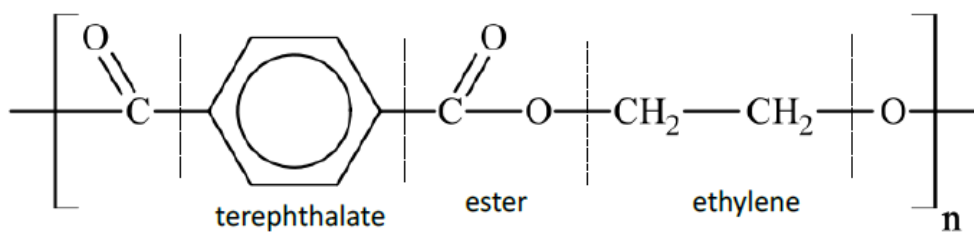
haasteita vesistövaikutusten hallinnassa. Yksi suurimmista haasteista on vesistöjen saastuminen, sillä tekstiiliteollisuus tuottaa suuria määriä saastunutta jätevettä, joka sisältää haitallisia kemikaaleja, kuten natriumhydroksidia, rikkihappoa ja hiilidisulfidia. Nämä kemikaalit päätyvät usein vesistöihin, mikä heikentää vesien laatua ja vaikuttaa haitallisesti paikallisiin ekosysteemeihin sekä yhteisöihin, jotka ovat riippuvaisia puhtaista vesivaroista. Lisäksi Kiinan alueilla, joissa vesivarat ovat jo ennestään rajalliset, tekstiiliteollisuuden vesikulutus aiheuttaa merkittävää painetta vesivaroille. Vesipula pahentuu, kun suuria määriä vettä käytetään tekstiilien valmistuksessa, ja samalla vesivarat ehtyvät entisestään. (Water Footprint Network, 2017.)

2.3 Polyesteri

Polyesteri on synteettinen materiaali. Pikamuodin takia polyesterin tuotanto on noussut huimasti. Jopa 70 % vaatteistamme on polyesteria nykypäivinä. Kuvassa 5 havainnoidaan, miten polyesterin tuotanto on nousussa globaalisti. Se on polyeteenitereftalaatti (kuva 6), jota valmistetaan tereftaalihapoista ja etyleeniglykolioista. (Räisänen ja muut, 2017.) Sen käyttö on levinnyt laajasti vaatteista kodin-tekstiileihin ja teollisiin sovelluksiin. Polyesterin suosio johtuu sen erinomaisista ominaisuuksista, kuten kestävydestä, vähäisestä rypistymisestä ja nopeasta kuivumisesta. Kuitenkin polyesterin tuotanto ja käyttö aiheuttavat myös merkittäviä ympäristöhaasteita, kuten muovisaastetta ja kemikaalipäästöjä, mikä on herättänyt kasvavaa huolta kestävydestä ja ympäristönsuojelusta.



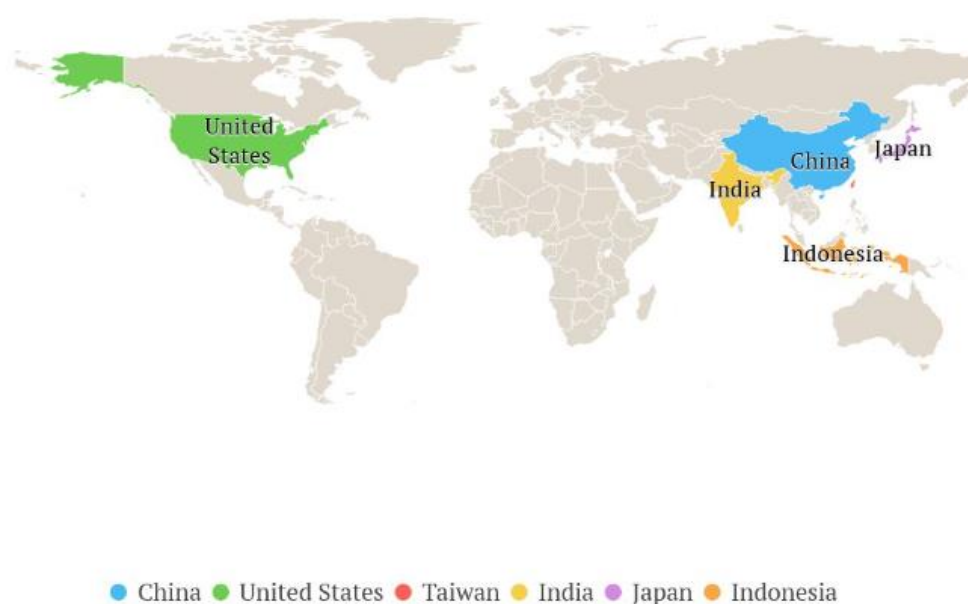
Kuva 5. Polyesterin globaali tuotantoarvio miljoonissa tonneissa (Räisänen ja muut, 2017.).



Kuva 6. Polyteenitereftalaatti on pitkäketjuinen kemikaalinen yhdistelmä. Tämä kuvaa polyteenitereftalaatin lujuutta, mikä on nähtävissä kemikaalin rakenteessa (Plasticfinder, n.d.).

2.3.1 Polyesteri materiaalina

Polyesteri tehdään maaöljystä. Maaöljyä voidaan uusiokäyttää ja hyödyntää eri sovelluksissa, mukaan lukien kuitujen valmistuksessa. Vaikka maaöljy on uusiutuvan luonnonvara, sitä voidaan jalostaa uudelleen ja käyttää esimerkiksi synteettisten kuitujen, kuten polyesterin, tuotannossa. Kuvaan 7 on merkitty maat, jotka tuottavat eniten polyesteriä. Eniten polyesteriä tuotetaan Kiinassa.



Kuva 5. Kartta eniten polyesteriä tuottavista maista. Kiina on isoin vienti valtio, kun taas Yhdysvalloissa keksittiin polyesteri (SEWPORT, n.d.).

Synteettisten materiaalien uusiokäyttö on mahdollista, ja käytettyjä polyesterikuituja voidaan kierrättää ja prosessoida uudelleen uusien kuitujen valmistukseen. Tämä auttaa vähentämään riippuvuutta neitseellisistä fossiilisista raaka-aineista ja vähentää ympäristövaikutuksia. Esimerkiksi kierrätetty polyesteri (rPET) on merkittävä askel kohti kestävämpää tekstiilituotantoa. Polyesterin tuottamiseen menee paljon energiaa ja kemikaaleja, jotka ovat haitaksi luonnolle. Öljyn poltosta vapautuu hiilidioksidipäästöjä (CO₂) ilmakehään, mikä on yksi kasvihuonekaasuista. Valmistuksessa syntyy myös karsinogeneenejä, jotka vaikuttavat negatiivisesti luontoon sekä työntekijöihin.

2.3.2 Polyesteri vaatteissa

Polyesterivaatteiden pesu on todella haitallista ympäristölle, koska kankaassa oleva mikromuovi irtoaa pesuveteen. Pesuvesi päätyy aina lopuksi vesistöihin (YLE, 2018) Nämä mikromuovit (Wang ja muut, 2024) päätyvät kalojen suolistoon ja veteen, mitä päätyy ihmisen kehoon. Onneksi Pohjoismaissa vedenpuhdistamot suodattavat noin 99 % mikromuovista, mutta silti jokaisella on mikromuovia juomavedessä.

Polyesteriä joutuu pesemään usein, koska hienhaju tarttuu kankaaseen helposti. Hyvä puoli on se, että polyesterin tuotanto vie vähemmän vettä kuin luonnonkuitujen tuotannossa. Tuotanto käytetään vain 0,1 % luonnonkuidun valmistamiseen tarvittavasta vesimäärästä. Kuluttaja voi myös vähentää mikromuovin irtoamista vaatteistaan pesemällä vaatteensa pesupussissa tai käyttämällä pyykinpesukoneeseen asennettavaa suodatinta. Toki on muistettava, miten jatkokäsittely vaatteesta irronnutta mikromuovia. Vaikka pesupussi on itsestään valmistettu hyvin usein polyesteristä, väitetään sen vähentävän mikromuovin määrää.

2.3.3 Kuluttajan keinot vähentää mikromuovin joutumista vesistöihin

Mikromuovien torjunnassa pesukoneiden mikromuovisuodattimet ja mikromuoveja keräävät pesupussit ovat molemmat tehokkaita ratkaisuja, mutta niiden toimintaperiaatteet ja vaikutusaste eroavat merkittävästi toisistaan. Kuitenkin ne tukevat toisiaan, jos niitä käytetään oikein.

Pesukoneiden mikromuovisuodattimet, kuten esimerkiksi CLEANR-suodattimet (kuva 8), on suunniteltu pysäyttämään mikromuovien pääsy viemäriveresiin pesuprosessin aikana (CLEANR, 2023). Nämä suodattimet voivat poistaa jopa 90 % mikromuoveista ja niiden suodatuskyky voi ylittää jopa 50 mikronin kokosiin partikkeleihin, minkä takia suodattimet ovat erittäin tehokkaita. Esimerkkinä tehok-

kuuden kasvattamiseksi Ranskassa on asetettu tavoite, että vuoteen 2025 mennessä kaikki uudet pesukoneet varustetaan mikromuovisuodattimilla, mikä parantaa mikromuovien hallintaa huomattavasti (Feriantano, 2023).

Mikroni on pituuden mittayksikkö, joka on yhtä suuri kuin yksi miljoonasosa (1/1,000,000) metriä. Esimerkiksi mikronia käytetään usein kuitujen, kuten tekstiilikuitujen, paksuuden mittaamiseen. Jos tekstiilikuitu on esimerkiksi 1 mikronin paksuinen, se on 0,000001 metriä, eli erittäin ohut (National Institute of Standards and Technology, 2022). Mikronia käytetään myös mittaamaan partikkeleiden kokoa ilmassa tai vedessä, kuten mikromuoveja, sillä ne voivat olla useiden mikronien kokoisia.

CLEANR-Pod toimii suodattamalla veden kautta kulkevat mikroskooppiset muovihiukkaset. Suodattimen rakenne on suunniteltu vangitsemaan pienet muovihiukkaset tehokkaasti ilman, että se vaikuttaa pesuprosessin toimintaan. Kun suodatin on täynnä mikromuoveja, se voidaan tyhjentää ja hävittää asianmukaisesti. Mikromuovien hävittäminen ei ole yksinkertainen prosessi, mutta niiden oikea käsittely on erittäin tärkeää ympäristön suojelemiseksi. Mikromuovisuodattimessa kuten CLEANR:ssä (kuva8.), kerätyt mikromuovit tulee tyhjentää ja hävittää vastuullisesti. Tämä voi tarkoittaa niiden hävittämistä tavallisessa jätehuollossa, kuten kaatopaikalla tai jos se on mahdollista, polttamalla ne turvallisessa laitoksessa, joka pystyy estämään haitallisten päästöjen vapautumisen. (CLEANR, n.d)

Tällä hetkellä mikromuovien kierrätys on rajallista, koska niitä on vaikea eristää ja kierrättää kuten muuta muovia. On myös tärkeää huomioida, että kuluttajien tulee noudattaa paikallisia jätehuoltomääräyksiä ja varmistaa, että suodattimet tyhjenetään oikein. Mikromuovien hävittämiseen liittyvä tietoisuus ja asianmukainen käsittely ovat olennaisia ympäristövahinkojen estämiseksi.



Kuva 6. CLEANR Vortex -suodatin (CLEANR, n.d).

Pesupussit, kuten Guppyfriend (kuva 9), valmistetaan synteettisistä materiaaleista, kuten polyesteristä. Niiden tarkoitus on kerätä pesun aikana irtoavia mikrokuituja. Vaikka nämä pussit voivat vähentää merkittävästi mikromuovipäästöjä, niiden tehokkuus on suodattimiin verrattuna alhaisempi. Tämä johtuu siitä, että pesupussien suorituskyky vaihtelee pyykin määrän ja kankaan tyyppin mukaan. Pesupussien käyttö vaatii myös manuaalista tyhjennystä jokaisen pesukerran jälkeen, mikä lisää käyttäjän työmäärää.



Kuva 7. Guppyfriend pesupussi (Reima, n.d.).

Vertailun perusteella pesukoneiden suodattimet tarjoavat suurempaa tehokkuutta ja automaattisuutta mikromuovien hallinnassa. Pesupussit taas ovat helpompi ja halvempi tapa aloittaa mikromuovien torjunta kotitalouksissa, mutta ne eivät yksinään riitä kattavaan ratkaisuun. Pesupussit voivat kuitenkin olla hyvä lisä pesukoneiden suodattimien käyttöön. Suodattimet toimivat ilman jatkuvaa käyttäjän osallistumista, kun taas pesupussit vaativat manuaalista käsittelyä ja huolellisuutta tyhjentämisessä, jotta mikromuovien keräys onnistuu tehokkaasti.

Polyesteri ei ole biohajoavaa, mutta se pitää muotonsa jopa 20–200 vuotta. Vaatteen värikään ei haalistu helpolla, minkä ansiosta vaatetta saattaa pitää pitkään, jos ostos on tarkkaan harkittu ja onnistunut. Valitettavasti isot pikamuotiketjut käyttävät huonolaatuisempaa polyesteriä, minkä takia kankaat eivät kestä moniaakaan pesukertoja. Vaate saattaa menettää muotonsa jopa vain kahden pesukerran jälkeen tai siihen voi pinttyä hienhaju tai tahra. Tämä voi johtaa vaatteen roskiin heittämiseen tai vähentää huomattavasti käyttökertoja. Kummatkin vaihtoehdot ovat yhtä huonoja ekologisuuden kannalta.

2.4 Nahka

Nahka on tunnetusti yksi kestävimmistä materiaaleista. Sitä käytetään yleisesti laukuissa, koruissa ja kengissä. Nahan eettisen tuotannon perusteluna käytetään lihakarjantuotantoa. Kun nahka otetaan talteen ja siitä tehdään vaatteita tai asusteita, hyödynnetään karjasta miltei kaikki osat. Epäeettiset perusteet ovat kuitenkin näkyvämpiä. (Deutsche Welle, 2019; PBS NewsHour, 2017) Karjaa kohdellaan jo laidunnusvaiheessa huonosti ja sen kasvatusta on ympäristölle todella kuluttavaa. Karjatalous onkin yksi maailman saastuttavimmista. Nahan jalostuksessa käytetään todella paljon erilaisia myrkyllisiä ja vahvoja kemikaaleja. Kemikaalien avulla nahka värjätään ja siihen luodaan haluttuja kuvioita. Saastunut vesi lasketaan vesistöihin, sillä valitettavasti valvonta on todella heikkoa maissa, jossa nahkaa tuotetaan. Nahan säilytyksessä käytetään myös paljon suolaa, jotta nahka pysyy hyvänä. Tämän takia vesi on todella suolapitoinen, kun se lasketaan vesistöihin. Nahan valmistamiseen tarvitaan noin 100–200 litraa vettä 1 kg kohden (Nothing to Hide, n.d.). Laskussa on huomioitu vain nahan käsittelyvaiheet. Tuotantoa on laajalti ympäri maapalloa, joten tarkkoja ja pitäviä lukuja ei ole. Euroopassa tiukempien säädösten nojalla veden kulutus on pienempää, kuin kehittyvissä maissa, jossa valvonta on vähäisempää. Veden kulutus on onneksi vähäistä verrattuna puuvillaan, mutta kemikaalien päästämisen vesistöön nostaa nahan miltei listan

kärkeen, kun puhutaan saastuttavimmista raaka-aineista. (Leather Naturally, n.d.; The ZDHC Roadmap to Zero Programme, 2023)

Keräsen (2021) mukaan tutkimuskeskus VTT on kehittänyt teknologian, joka mahdollistaa sienirihmaston tuotannon vaateteollisuudessa. VTT:n mukaan kangas muistuttaa nahkaa ulkonäöltään sekä tuntumaltaan. Se voidaan myös valmistaa yhtä vahvaksi kuin nahka. Keränen kertoo, kuinka sienirihmasto kasvatetaan bio-reaktoreissa, mikä mahdollistaa kaupallisen mittakaavan kasvatuksen. Tämä olisi loistava ratkaisumalli nahan tuotannon poistamiselle tai edes vähentämiseksi. Nahasta voitaisiin valmistaa niin luksusluokan tuote, että sen myynti olisi rajoitettua ja hinta niin korkea, että se olisi vain harvojen ostettavissa. Tämä vähentäisi sekä tuotantoa että kysyntää.

3 VEDEN JA KEMIKAALIEN KÄYTTÖ JALOSTUKSESSA

Osipova (2021) kertoo artikkelissaan, kuinka Afrikassa sijaitsevien tekstiilitehtaiden kemikaaliset prosessit ja päästöt saastuttavat paikallisia jokia. Artikkelin mukaan Water Witness International-järjestö (WWI) on tehnyt raportin, jossa käsitellään vaateteollisuuden veden käyttöä ja saastuttamista. Artikkelissa oli nostettu esille raportissa mainittu mittaus, joka suoritettiin Tansanian Dar es Salaamissa Msimbazi-joesta. Mittauskohteena oli veden pH-arvo, jonka pitäisi olla 6–7. Tulos oli jopa miljoonakertainen normaaliin pH-arvoon nähden. Joen pH-arvoksi mitattiin 12.

$$\frac{10^{-6}}{10^{-12}} = 10^6 = 1\,000\,000$$

Yhtä suuren pH-arvon voi mitata pyykinpesuaineella. Näin emäksinen pH-arvo voi aiheuttaa ihmisen iholle vakavia kemiallisia palovammoja. Kyseisessä raportissa myös nostettiin esille veden värin muuttuminen siniseksi farkkujen värjäytymisprosessissa käytettyjen kemikaalien luontoon laskemisen takia.

3.1 Esikäsittely

Jätevesien kemiallisesta hapettumisesta 60–70 % tapahtuu esikäsittelyn aikana. Kun esikäsittely tehdään lämpimällä vedellä, on se myös hyvin energiaa kuluttava prosessi. Toinen vaihe on liisterinpoisto, jossa kudonnassa käytetty liisteri, kuten tärkkelys tai synteettiset aineet, poistetaan. Siinä syntyy 80 % esikäsittelyjen jätevesien kemiallisesta hapenkulutuksesta. Tämä tehdään yleensä entsyymeillä, kuten amylaaseilla, jotta liisteri ei häiritse seuraavien kemikaalien tai väriaineiden imeytymistä. Liisterinpoisto on kriittinen, sillä jäljellä oleva liisteri voi estää tasaisen käsittelyn ja heikentää lopputuloksen laatua. Liisterinpoistoprosessi, joka tuottaa suuria määriä orgaanista jätettä, muodostaa 80 % esikäsittelyn jätevesien kemikaalisesta hapenkulutuksesta. Tämä jätevesi voi vaikuttaa haitallisesti vesiekosysteemeihin, koska se sisältää runsaasti biologista ainesta, joka johtaa hapen vähenemiseen vesistöissä. (Räisänen ja muut, 2017.)

Kolmantena on merserointi, joka on yleinen prosessi puuvillakuitujen käsittelyssä. Merseroinnissa käytetään natriumhydroksidia (NaOH) parantamaan kuitujen kiiltoa, lujuutta ja värien imeytymiskykyä. Tämä kemiallinen käsittely turvottaa kuidut ja tekee niistä kestävämpiä ja visuaalisesti houkuttelevampia. Merserointiprosessissa käytettävää natriumhydroksidia ei yleensä kierrätetä, mikä lisää vesistökuormitusta. Nestemäisen ammoniakkin kierrättäminen sen sijaan on ympäristön kannalta kestävämpää ja vähentää veden tarvetta. (Räisänen ja muut, 2017.)

Lipeäkeiton prosessissa syntyy myös merkittävästi jätevesiä, joissa on korkeat hapenkulutuksen arvot johtuen puuvillasta irronneista vahasta ja selluloosasta. Lipeäkeitto vaatii korkeita lämpötiloja, mikä lisää energiankulutusta ja sitä kautta ympäristökuormitusta. Pektinaasien käyttö puuvillan pesussa voisi olla ympäristöystävällisempi vaihtoehto, koska se vähentää kemikaalien ja veden kulutusta. Pektinaasi on entsyymi, joka hajottaa kasvisolujen pektiiniä, ja sitä käytetään esimerkiksi tekemään hedelmämehuista kirkaampia ja puuvillasta pehmeämpää ja helpommin värjättävää. (Shoily ja muut, 2023) Biologisesti hajoavien tensidien käyttö pesuprosessissa vähentäisi vesistöjen saastumista (Räisänen ja muut, 2017).

Valkaisun tavoitteena on poistaa luonnolliset epäpuhtaudet ja väriaineet kankaasta. Valkaisussa käytetään hapettavia aineita, kuten vedynperoksidia (H_2O_2), jotka hajottavat orgaaniset yhdisteet ja luovat puhtaan, kirkkaan pohjan kankaan jatkokäsittelylle. Tämä vaihe on erityisen tärkeä, jos kangasta halutaan värjätä väreillä väreillä tai painaa tarkkoja kuvioita. Valkaisuprosessissa käytettävät kemikaalit vaikuttavat suoraan vesistöihin. Esimerkiksi kloorivalkaisussa voi syntyä haitallisia orgaanisia yhdisteitä, jotka kerääntyvät vesiekosysteemeihin ja voivat olla myrkyllisiä. Kloorivalkaisua käytetään edelleen monilla kankailla, mutta ympäristöystävällisemmät vaihtoehdot, kuten otsonivalkaisu, ovat yleistymässä. (Räisänen ja muut, 2017.)

Villan esikäsitellyssä raakavillan pesu tuottaa eniten jätettä. Villarasva voidaan sentrifugoida vedestä, jolloin vettä voidaan kierrättää. Kuitenkin orgaanisten liuottimien käyttö pesuprosessissa on ympäristölle haitallista, ja villan koinsuojauksessa käytettävät synteettiset pyretroidit voivat olla myrkyllisiä vesistöille. Pyretroidit ovat synteettisiä hyönteismyrkkyjä, jotka vaikuttavat hyönteisten hermostoon estäen hermoimpulssien siirtymistä ja johtavat hyönteisten kuolemaan. (ATSDR Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2014) Entsyymikäsitellyt villan vanumattomuuskäsittelyssä ovat ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja kuin kloori, joka voi aiheuttaa haitallisia päästöjä. Silkin keitossa käytettävät kemikaalit lisäävät orgaanisen aineksen määrää jätevedessä, mikä voi johtaa vesistöjen saastumiseen. (Räisänen ja muut, 2017.)

3.2 Värjäys

Tekstiilivärjäysprosessissa käytetään runsaasti vettä, väriaineita ja apuaineita, jotka auttavat väriaineen imeytymisessä kuituihin. Värjäys tapahtuu vesiliuoksessa, mikä tarkoittaa, että se kuluttaa paljon vettä ja energiaa, erityisesti veden lämmittämiseen. Värjäys on yksi ympäristöä eniten kuormittavista tekstiiliprosesseista, ja ympäristövaikutuksia voidaan vähentää prosessien ja kemikaalien valinnalla. (Räisänen ja muut, 2017.)

Eri värjäysmenetelmät vaikuttavat vedenkulutukseen merkittävästi. Esimerkiksi päällemenovärjäyksessä kuluu eniten vettä, kun taas jatkuvatoimisessa värjäyksessä ja painovärjäyksessä vedenkulutus on huomattavasti vähäisempää. Puuvillakankaan värjäyksessä energiankulutus vaihtelee suuresti: se voi olla noin 8,3 kWh/kg, mutta myös nelinkertainen. Synteettisten kuitujen värjäys vaatii yleensä korkeampia lämpötiloja, mikä lisää energiankulutusta, mutta niiden vähemmän vettä vaativa liemisuhde voi tasapainottaa energiankulutusta. Kehruuvärjäys, joka on vesiliukoista värjäystä ekologisempi vaihtoehto, tuottaa vähemmän jätevesiä, mikä vähentää vesistöjen saastumista. Värjäys ylikriittisellä hiilidioksidilla on täysin vedetön menetelmä, mutta sen laajentamista rajoittavat korkeat investointikustannukset. (Räisänen ja muut, 2017.)

Kemikaalien käyttö värjäyksessä lisää biologista ja kemiallista hapenkulutusta, mikä vaikuttaa vesistöihin. Luonnonkuitujen värjäyksessä käytettävät elektrolyytit, kuten Glaubersuola ja ruokasuola, nostavat veden suolapitoisuutta. Kemikaalit voivat haihtua ilmaan ja kulkeutua tuulen ja merivirtojen mukana laajemmalle alueelle altistaen kuluttajat suoran ihokontaktin kautta. Väriaineet, jotka ovat pääasiassa synteettisiä petrokemian tuotteita, voivat olla ei-biohajoavia, mikä kuormittaa ympäristöä pitkällä aikavälillä. Jätevesissä olevat väriainejäämät aiheuttavat esteettisiä haittoja ja voivat sisältää haitallisia aineita, kuten halogeeneja ja raskasmetalleja. (Räisänen ja muut, 2017.)

Perinteisissä värjäysprosesseissa käytetään arvioiden mukaan 100–150 litraa vettä per kilogramma kangasta. Veden käyttö ei rajoitu pelkästään värjäysprosessiin, vaan siihen liittyy myös huuhtelu, jonka tarkoitus on poistaa ylimääräinen väri ja kemikaalit kankaasta. Lisäksi veden puhdistaminen ja jäteveden käsittely on vaativa prosessi, joka kuluttaa resursseja ja voi aiheuttaa merkittäviä ympäristöhaittoja, kuten vesistöjen saastumista ja haitallisten kemikaalien pääsyä ekosysteemeihin, jos prosessia ei toteuteta riittävän huolellisesti ja perusteellisesti. Ylikriittisen CO₂-värjäyksen suurin etu on sen kyky eliminoida veden käyttö kokonaan. Koska prosessissa käytetään liuottimena hiilidioksidia, vettä ei tarvita väriaineen levittämiseen tai huuhteluun. Tämä vähentää merkittävästi veden kulutusta, mikä on erityisen tärkeää alueilla, joissa makean veden saatavuus on rajallista. Lisäksi, koska hiilidioksidi ei tarvitse kemiallisia apuaineita värin kiinnittämiseksi, ympäristöön ei pääse vaarallisia kemikaaleja, mikä puolestaan vähentää veden saastumisen riskiä. (Elmaatya ja muut, 2020)

Perinteiset värjäysprosessit vaativat noin 8,3 kWh/kg tai enemmän energiaa veden lämmittämiseen ja höyryttämiseen, erityisesti korkeita lämpötiloja ja pitkiä käsittelyaikoja vaativien kuitujen kohdalla. ScCO₂-värjäysprosessissa energiaa säästyy, koska vesi ei ole mukana prosessissa ja hiilidioksidin uudelleenkäyttö vähentää lisäresursseja. Hiilidioksidia ei tarvitse valmistaa erikseen, sillä se voidaan kierrättää teollisista prosesseista, jolloin ei synny ylimääräisiä päästöjä tai tarvetta

luonnonvarojen uuteen käyttöön. Lisäksi hiilidioksidin uudelleenkäytettävyys prosessin jälkeen minimoi hiilijalanjäljen. Kun CO₂ voidaan kierrättää useita kertoja, sen ympäristövaikutus pienenee merkittävästi. (Räisänen ja muut, 2017.) Perinteisissä värjäysprosesseissa syntyvät kemialliset jätteet, kuten suolat ja raskasmetallit, saastuttavat usein vesistöjä, mutta scCO₂-värjäyksessä tällaisia jätteitä ei synny, mikä vähentää sekä päästöjä että vedenkäsittelytarpeita (Elmaatya ja muut 2020).

3.3 Tehtaan vaikutus lähiympäristölle ja asukkaille

Jokiin lasketut saasteet ovat tuhonneet niiden ekosysteemit ja aiheuttaneet läheisyydessä asuville ihmisille lukuisia sairauksia. Yleisimmät kemikaalit, joita lasketaan vesiin, ovat formaldehydi eli metanaali (CH₂O), kloori ja raskasmetallikemikaalit. (Räisänen ja muut, 2017.)

Monissa kehittyvissä maissa, erityisesti Aasiassa ja Afrikassa, jokien varrella asuvat köyhemmät perheet ovat usein sidoksissa paikalliseen ympäristöönsä elinkeinonsa ja elinolosuhteidensa vuoksi. Heillä ei ole taloudellisia tai käytännöllisiä mahdollisuuksia muuttaa pois saastuneilta alueilta, vaan heidän on käytettävä hyväkseen luonnon tarjoamia resursseja. Tilanne on muuttunut dramaattisesti länsimaiden teollistumisen ja kulutuksen kasvun myötä, sillä monia tehtaita on rakennettu jokien varsille, mistä nämä perheet ovat perinteisesti saaneet elantonsa. Aiemmin jokien vesi oli puhdasta ja ne tarjosivat runsaasti kaloja sekä turvallista vettä peseytymiseen ja ruoanlaittoon. Nykyään tilanne on kuitenkin muuttunut. Teollisuudesta peräisin olevat saasteet, kuten kemikaalit, ovat myrkyttäneet joet, minkä seurauksena paikalliset kärsivät iho-ongelmista ja kalakannat ovat romhaneet. Saastunut vesi ei ole enää turvallista käytettäväksi ruoanlaitossa tai juomavedeksi, sillä se sisältää haitallisia kemikaaleja. Paikalliset viljelijät ovat myös raportoineet, että saastunut kasteluvesi heikentää heidän satonsa laatua. (YLE, 2019.)

Vaikka jokien saastuminen on tällä hetkellä ensisijaisesti paikallinen ongelma, se voi laajentua globaaliksi ympäristöuhaksi. Tämä korostaa sitä, kuinka länsimaiden teollinen toiminta ja kulutustottumukset voivat vaikuttaa merkittävästi kehitysmaiden ympäristöön ja ihmisten elinolosuhteisiin. On huomattu, että tehtaiden rakentamisen yhteydessä ja budjettien kiristyessä vedenpuhdistus nähdään usein pelkkänä menoeränä. Tämä tarkoittaa, että jos rahaa on niukasti, vedenpuhdistus ei nouse prioriteetiksi, koska sen ei katsota tuovan lisäarvoa työllisyyden tai investointien muodossa. Tämän vuoksi vedenpuhdistus voi helposti jäädä kokonaan toteuttamatta.

4 PIKAMUODIN SEURAUKSET

Maapallon yksi tunnetuimmista elämän mahdollistamista varoista on vesi. Vesi on jokaiselle elävälle elinehto. Ilmaston lämpeneminen, vesistöjen kuihtuminen ja saastuminen on noussut yhteiskunnan yhdeksi suurimmaksi huoleksi. Kriitikki kohdistuu moniin eri tehtaisiin, matkustustapoihin – kuten lentokoneisiin ja autoihin – sekä fossiilisiin energiantuotantomuotoihin. Vasta viimevuosikymmenen tienoilla on havahduttu vaateteollisuuden luomiin haittoihin. Isoimmaksi haitaksi vaateteollisuudessa on nostettu pikamuoti. Pikamuodilla tarkoitetaan yleensä brändejä, jotka vaihtavat mallistojaan nopeasti ja myyvät tuotteitaan edullisesti. Brändit tuottavat mahdollisimman paljon vaatetta, halvimmalla mahdollisella tavalla. Tällöin yhtiö saa paljon voittoa, sillä halvat hinnat houkuttelevat kuluttajia ostamaan vaatteita. Ostohetkellä kuluttajan ajatuksissa voi pyöriä enemmänkin oman taloudellinen säästö, eikä niinkään yhteiskunnan ja maapallon hyvinvointi.

Pikamuodissa ei kiinnitetä materiaalin laatuun tai työnlaatuun paljoakaan huomiota, vaan halpuuteen ja nopeuteen. Vaatteita ei ole luotu kestämään, jolloin kuluttajien on ostettava nopeaan tahtiin uusia vaatteita. Vaatteiden väri alkaa haalistumaan ja saumat repeytymään.

Nykyajan muoti-ilmiöt määräytyvät pitkälti sosiaalisen median vaikutuksesta. Kun jokin vaatekappale nousee ”viraaliksi”, pikamuodin tuottajat reagoivat nopeasti ja aloittavat kyseisen vaatteita massatuotannon, täyttämällä varastonsa ja myymälänsä uusimmalla trendillä (Saramäki, 2013). Polyesterin määrä vaatteissa kaksinkertaistui vuodesta 1980 2000 lukuun mennessä, ja pikamuoti on yksi merkittävimmistä syistä tähän kasvuun. Pikamuodin tavoitteena on houkutella kuluttajia halvoilla hinnoilla ja nopeasti vaihtuvilla kokoelmilla. Alhaisten hintojen seurauksena vaatteet ovat usein lyhytikäisiä, mikä lisää kulutusta ja kuormittaa ympäristöä.

Koska yleisesti vaatteita ei valmisteta lähellä kuluttajaa, niitä täytyy kuljettaa pitkiä matkoja, mikä lisää päästöjä ja ympäristön saastumista. Lähiuotannon suosiminen vähentäisi tätä kuormitusta, mutta Suomessa tämä on hankalaa korkeiden tuotantokustannusten vuoksi. Kotimaiset brändit painottavat kuitenkin usein laadukkuutta ja ympäristöystävällisyyttä, mikä tekee niistä kestävämpiä vaihtoehtoja. Euroopan unionin alueella vaatteita ostettiin vuonna 2015 jopa 6,5 miljoonaa tonnia, mikä vastaa 12,66 kg per asukas. Jopa 30 % ihmisten omistamista vaatteista ei ole ollut käytössä vuoteen, ja puolet pois heitetystä vaatteista päätyy kaatopaikalle. (European Environment Agency , 2024.)

Pikamuotiteollisuuden kasvava tuotanto on aiheuttanut merkittäviä ympäristöongelmia, erityisesti vesistöjen saastumisen osalta. Veden saastuminen liittyy suoraan tekstiilijätteen, erityisesti synteettisten materiaalien, määrän kasvuun. Huonosti valmistetuista vaatteista vapautuu kemikaaleja ja mikromuoveja, jotka päätyvät vesistöihin. Esimerkiksi Ghanassa 89 % kaatopaikoilla olevasta muotijätteestä sisältää synteettisiä kuituja, jotka hajoavat hitaasti ja saastuttavat ympäröivää luontoa. Muotijätteen huono käsittely aiheuttaa myös tukoksia viemäreissä, mikä johtaa sadevesien kerääntymiseen ja saastuneiden vesilähteiden syntymiseen. Saastunut vesi heikentää uhanalaisten merieläinten, kuten kilpikonnien, elinympäristöjä ja tekee niiden lisääntymisestä vaikeaa. Kalastajat, jotka ovat riippuvaisia paikallisista vesistöistä, kohtaavat haasteita kerätessään saastunutta ja muovista kalaa, mikä uhkaa sekä ihmisten terveyttä että elinkeinoja. (Britten, 2024; Nkatha, 2023)

Lisäksi vesistöjen saastuminen aiheuttaa taloudellisia vaikutuksia, sillä saastuneet kalat ja muut merelliset resurssit ovat käyttökelvottomia. Muotijätteet vaikuttavat suoraan veden laatuun ja paikallisten yhteisöjen elinoloihin. On elintärkeää, että sekä teollisuus että kuluttajat alkavat kantaa vastuuta rajoittamalla tekstiilijätteen tuotantoa ja edistämällä kestävämpiä käytäntöjä vesistöjen ja niiden ekosysteemien terveyden palauttamiseksi.

Seuraavaksi tarkastellaan, miten Euroopan unionin toimet vaikuttavat näihin ympäristöllisiin ja tuotannollisiin kysymyksiin, erityisesti vaateteollisuuden kestäväyyden näkökulmasta.

5 LAINSÄÄDÄNTÖ, HALLINTO JA EUROOPAN UNIONIN VAIKUTUS

Lainsäädäntö, hallinto ja Euroopan unionin vaikutus ovat keskeisiä tekijöitä, jotka muokkaavat monia teollisuudenaloja, erityisesti ympäristö- ja kestävyyskysymyksiä, kuten tekstiiliteollisuutta. EU:n säädökset, kuten jäte- ja ympäristödirektiivit, tarjoavat raamit, jotka vaikuttavat suoraan jäsenvaltioiden kansallisiin lakeihin ja yritysten käytäntöihin. Tämä sääntely edistää EU:n yhteisiä tavoitteita, kuten kiertotaloutta ja ympäristönsuojelua, mutta myös velvoittaa jäsenvaltioita toteuttamaan sääntöjä ja politiikkoja, jotka edistävät kestäviä tuotantotapoja ja kulutusta. Samalla kansalliset viranomaiset ja teollisuuden toimijat mukauttavat toimintaansa EU:n lainsäädännön mukaan, mikä osaltaan määrittää alan kehityksen suuntaa.

5.1 Euroopan Unionin direktiivit ja niiden näkyvyys tekstiiliteollisuudessa

EU vesipuidedirektiivi (2000/60/EY), joka päivitettiin vuonna 2014, asettaa vesivaroille kestävän hallinnan ja suojelun periaatteet, jotka koskevat erityisesti vesiekosysteemien suojelua ja vesistön saastumisen vähentämistä. Tämä direktiivi voi vaikuttaa suoraan myös tekstiiliteollisuuteen, joka on merkittävä vesistöjen saastuttaja ja vesivaroja kuluttava ala. (Euroopan unioni, 2014)

Tekstiiliteollisuus, erityisesti sen värjäys- ja viimeistelyprosessit, aiheuttaa vesistöihin päätyviä kemikaaleja ja muita saasteita. Direktiivi edellyttää, että jäsenvaltiot kehittävät toimenpiteitä vesistöjen suojelun varmistamiseksi, ja tekstiiliteollisuus on siten velvollinen vähentämään vesien saastumista. Tämä voi ilmetä esimerkiksi vaatimuksina käyttää ympäristöystävällisempiä värjäysmenetelmiä ja vähentää vesistöihin päätyviä kemikaaleja. Direktiivi painottaa myös vesivarojen kestävää käyttöä, mikä merkitsee, että tekstiiliteollisuuden on huolehdittava vedenkulutuksensa optimoinnista ja vesien kierrättämisestä tuotantoprosessissaan. Lisäksi vesipuidedirektiivin sääntöjen mukaisesti jäsenvaltioiden on luotava vesienhoitosuunnitelmia, joissa määritellään toimenpiteet vesistöjen tilan parantamiseksi. Tämä voi sisältää vesistöjen tilan seurannan, saastuttajien vastuuseen

asettamisen ja kestävän vesivarojen käytön varmistamisen. Tekstiiliteollisuuden osalta tämä voi tarkoittaa tiukempia sääntöjä ja raportointivaatimuksia vedenkulutuksen ja saastumisen osalta (Euroopan unioni, 2014)

Kemikaalivaroitukset, kuten **REACH-asetus**, pyrkivät vähentämään myrkyllisten ja haitallisten aineiden käyttöä. (Euroopan unioni, n.d.b)Tämä lainsäädäntö asettaa rajoituksia kemikaaleille, jotka voivat aiheuttaa merkittävää riskiä terveydelle tai ympäristölle. Euroopan kemikaalivirasto (ECHA) ylläpitää kandidaattilistaa aineista, jotka ovat erityisen huolestuttavia, ja tuotteiden valmistajien on annettava tietoa turvallisista käytännöistä, jos ne sisältävät näitä aineita yli 0,1 paino-%. (Euroopan unioni ECHA, 2024.)

Vastuullisuusraportti on yrityksen tai organisaation tuottama dokumentti, jossa käsitellään sen toimintojen vaikutuksia ympäristöön, yhteiskuntaan ja hallintotapoihin – nämä tunnetaan ESG-aspektina (Environmental, Social, Governance). Vastuullisuusraportin tavoitteena on lisätä läpinäkyvyyttä yrityksen kestävyteen liittyvissä toimissa ja tarjota sidosryhmille, kuten sijoittajille, asiakkaille ja työntekijöille, selkeä kuva siitä, miten yritys kantaa vastuuta ympäristöstä ja yhteiskunnasta sekä toimii eettisesti. Vastuullisuusraportointi on vahvistunut uuden **Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)** -direktiivin myötä, joka tuli voimaan vuonna 2022 (Euroopan unioni, 2022). CSRD:n tarkoituksena on laajentaa vastuullisuusraportoinnin velvollisuuksia ja standardoida raportointia, jotta tiedot ovat luotettavia ja vertailukelpoisia. CSRD laajentaa vastuullisuusraportoinnin kattavuutta erityisesti suurissa ja pörssiyrityksissä sekä tietyissä pk-yrityksissä. EU:n tavoitteena on, että yritykset ottavat vastuullisuustavoitteet osaksi liiketoimintastrategiaansa ja viestivät edistymisestään säännöllisesti.

CSRD-standardointityötä johtaa **EFRAG (European Financial Reporting Advisory Group)**, joka luo selkeät kriteerit ja mittarit ESG-vaikutusten mittaamiseen ja raportointiin. Standardoitujen käytäntöjen avulla sijoittajat ja muut sidosryhmät voivat luottaa siihen, että yritykset raportoivat vastuullisuusvaikutuksistaan yhteisesti ja avoimesti.

5.2 Kestävä kehitys ja kiertotalous tekstiiliteollisuudessa

Tekstiiliteollisuuden kestävyysaasteina ovat erityisesti veden ja energian korkea kulutus, kemikaalipäästöt sekä nopean kierron "pikamuoti," joka lisää jätteen määrää. Valtioiden, kansainvälisten järjestöjen ja yritysten välinen yhteistyö on olennaista, jotta saadaan aikaan kestävämpiä ja ympäristöystävällisempiä toimintatapoja tekstiilialalla.

Tekstiiliteollisuus liittyy useisiin YK:n kestävän kehityksen tavoitteisiin (Agenda 2030). (Suomen YK-liitto, n.d.) Nämä tavoitteet ohjaavat teollisuuden kehitystä kohti kestävämpiä toimintatapoja, jotka huomioivat ympäristön, talouden ja yhteiskunnan näkökulmat. Tässä keskeiset kestävän kehityksen tavoitteet ja niiden yhteys tekstiiliteollisuuteen:

Tavoite 6 – Puhdas vesi ja sanitaatio: Tekstiiliteollisuus on yksi veden suurkuluttajista, erityisesti puuvillan tuotannossa ja kankaiden värjäysprosesseissa, jotka saattavat saastuttaa vesistöjä. Suomalaiset yritykset kehittävät esimerkiksi suljettuja vedenkiertojärjestelmiä ja vesipihiä tuotantoa, mikä vähentää teollisuuden vedenkulutusta ja kemikaalipäästöjä

Tavoite 7 – Edullista ja puhdasta energiaa: Tekstiilituotanto on energiavaltainen ala. Suomessa monet toimijat pyrkivät siirtymään uusiutuvaan energiaan ja vähentämään energiankulutusta tuotannossaan, mikä tukee tavoitetta siirtyä kohti kestävämpiä energiavaihtoehtoja.

Tavoite 8 – Ihmisarvoista työtä ja talouskasvua: Tekstiiliteollisuus työllistää globaalisti miljoonia ihmisiä, mutta ala tunnetaan myös työolojen ja oikeudenmukaisen palkkauksen haasteista. Suomessa yritykset ovat sitoutuneet noudattamaan työolojen parantamiseen tähtääviä standardeja ja vastuullisuusohjelmia, kuten Fair Wear -säätöön linjauksia

Tavoite 9 – Kestävää teollisuutta, innovaatioita ja infrastruktuureja: Tekstiilialalla kehitetään jatkuvasti uusia ratkaisuja, kuten kierrätysmateriaaleja, vähäpäästöisiä värjäystekniikoita ja ympäristöystävällisempiä tuotantoprosesseja. Esimerkiksi suomalainen Infinited Fiber Company on kehittänyt teknologian, joka muuttaa tekstiilijätettä uusiksi, kierrätettävistä kuiduista tehdyiksi kankaiksi.

Tavoite 12 – Vastuullista kuluttamista: Tekstiiliteollisuus liittyy läheisesti kestäväan kulutukseen, sillä pikamuoti ja lyhytikäiset vaatteet lisäävät jätteen määrää ja kuluttavat luonnonvaroja. Suomessa on alettu panostaa tekstiilien kiertotalouteen, kuten vuokraus- ja korjauspalveluihin, sekä second hand -myyntiin, jotta kuluttaminen olisi kestävämpää

Tavoite 13 – Ilmastotekoja: Tekstiiliteollisuuden hiilijalanjälki on suuri, ja päästöjen vähentäminen on olennainen tavoite. Suomalaisten tekstiilialan toimijoiden ilmastostrategiat pyrkivät vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä esimerkiksi käyttämällä uusiutuvia energialähteitä ja optimoimalla tuotantoketjujen energia- tehokkuutta.

Tavoite 14 – Vedenalainen elämä: Tekstiiliteollisuuden mikromuovit ja kemikaalipäästöt uhkaavat meri- ja vesiekosysteemejä. Suomessa teollisuus pyrkii ehkäisemään mikromuovien syntyä kehittämällä suodatus- ja kierrätysratkaisuja erityisesti keinokuituisten vaatteiden tuotannossa.

Tavoite 15 – Maanpäällinen elämä: Kuitukasvien viljely, erityisesti puuvillan, voi kuluttaa ja köyhdyttää maaperää sekä vaikuttaa biodiversiteettiin. Kiertotalouden edistäminen ja esimerkiksi orgaanisen puuvillan käyttö ovat askelia kohti ympäristöä vähemmän kuormittavaa tekstiiliteollisuutta.

Tekstiiliteollisuuden on tärkeää huomioida nämä kestäväan kehityksen tavoitteet, jotta ala voi kehittyä ympäristön ja yhteiskunnan kannalta vastuullisemmaksi.

Kiertotalouden elementit tekstiiliteollisuudessa keskittyvät muun muassa materiaalien kierrätykseen, vaatteiden uudelleenkäyttöön ja kestävämpiin tuotantoprosesseihin. Esimerkiksi tekstiilijätteen kierrätyksessä käytetään yhä enemmän kierrätettyjä kuituja, kuten PET-pulloista tuotettuja tekstiilejä tai vanhoista vaateista saatavia materiaaleja. Upcycle- ja downcycle-innovaatioilla pyritään parantamaan tekstiiliteollisuuden materiaalivirtoja ja vähentämään uuden raaka-aineen käyttöä. Vaatteiden vuokraus ja kierrätyspalvelut ovat myös kasvava trendi, erityisesti kuluttajien kasvavan kiinnostuksen myötä ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja kohtaan. Esimerkiksi Suomessa Tekstiili & Muoti ry ja muut alan toimijat edistävät kiertotaloutta edellyttämällä vastuullista tuotantoa ja tukemalla kierrätysinfrastruktuurin kehittämistä. Kiertotalouden periaatteiden noudattaminen vaatii myös sääntelyn ja lainsäädännön kehittämistä. EU jätedirektiivit ja tekstiilijätteen hallintaa koskevat säännökset ovat tärkeitä välineitä kiertotalouden edistämisessä. (Euroopan unioni, 2018.) Vuonna 2023 EU hyväksyi sääntöjä, jotka velvoittavat jäsenvaltioita ottamaan käyttöön laajennetun tuottajavastuun tekstiileille (ELY- keskus, 2024).

Tuottajavastuu on ympäristövastuullinen periaate, jonka mukaisesti tuotteiden valmistajat ja maahantuojat ovat vastuussa tuotteidensa elinkaaren lopusta, erityisesti kierrätyksestä ja jätteenkäsittelystä. Tuottajavastuun avulla pyritään vähentämään kaatopaikalle päätyvän jätteen määrää ja edistämään kiertotaloutta. Tuottajavastuu on käytössä erityisesti aloilla, joilla tuotteet aiheuttavat suuria ympäristöhaittoja, kuten elektroniikka, ajoneuvot, pakkaukset ja tekstiilit. (ELY-keskus, 2024.)

EU:n jätedirektiivit säätelevät tuottajavastuun soveltamista jäsenvaltioissa. Suomessa tuottajavastuuta koskevaa lainsäädäntöä säätelee ympäristönsuojelulaki ja jätelaki, ja vastuu kattaa useita tuotekategorioita, kuten sähkö- ja elektroniikkalaitteet, renkaat, paristot ja pakkaukset. Suomen lainsäädännön mukaan yritysten on joko itse järjestettävä tuotteidensa keräys ja kierrätys tai liityttävä alan tuottajayhteisöihin, jotka huolehtivat tästä tehtävästä niiden puolesta. Tekstiilialalla

tuottajavastuun merkitys on kasvussa, sillä ala tuottaa suuren määrän jätettä ja on merkittävä luonnonvarojen kuluttaja. Vuonna 2023 EU esitteli tekstiileille laajennetun tuottajavastuujärjestelmän, jonka tavoitteena on kierrätysinfrastruktuurin kehittäminen ja tekstiilijätteen määrän vähentäminen. Suomessa on käynnissä hankkeita, joiden tavoitteena on esimerkiksi vaatteiden ja kodintekstiilien takaisinottopalvelujen kehittäminen, jotta materiaalit voidaan käyttää uudelleen tai kierrättää tehokkaasti.

5.3 MEP Mika Aaltolan haastattelu

Sain kunnian haastatella MEP Mika Aaltolaa, joka työskentelee ensimmäistä vuotta Euroopan parlamentissa. Aaltolan rooliin kuuluu varapuheenjohtajuus valtuuskunnassa EU:n ja Yhdistyneen kuningaskunnan parlamentaarisessa kumppanuuskokouksessa. Hän on ulkoasianvaliokunnan jäsen ja kansainvälisen kaupan valiokunnan ja suhteista Yhdysvaltoihin vastaavan valtuuskunnan varajäsen.

Esitin Aaltolalle neljä kysymystä koskien Euroopan unionin toimintaa tekstiiliteollisuudessa ja miten se puuttuu veden saastuttamiseen sekä liikakäyttöön. Vastaukset on kirjoitettu puhtaaksi, mutta ne ovat säilyttäneet saman vastauksen ja sisällön. Kysymyksiä taustalla oli tutkimuskysymykseni Euroopan keinoista vaikuttaa vesiensäätelyyn ja saastuttamiseen ja niiden seurantaan. Minusta haastattelu oli oikein onnistunut ja sain vastauksen kysymyksiini. Haastattelukysymys on lihavoitettu, kun taas omat mietteeni on kirjoitettu kursivilla. Aaltolan vastaus on normaalilla kirjoistusasulla.

Miten kauppapoliittisin keinoin voitaisiin vaikuttaa vesiensuojelun tehostamiseen vaatetehtaissa?

Tällä kysymyksellä halusin selvittää, miten eri keinon EU:ssa kyetään kaupankäynnin avulla ohjaamaan vedensuojelua. MEP Aaltola on kansainvälisen kaupan valiokunnan ja suhteista Yhdysvaltoihin vastaavan valtuuskunnan varajäsen, joten tämän takia päätin kysyä juuri tämän kysymyksen häneltä.

On tärkeää pohtia, miten ympäristönsuojelutoimia sovelletaan kansainvälisesti ja erityisesti Euroopassa. Viime vuosina Euroopan unionissa on edistetty ilmasto- ja ympäristöpolitiikkaa, jolla on merkittävä säätelyvoima. Hyvä ympäristölainsäädäntö takaa, ettei synny epäreilua kilpailuasetelmaa, jossa jokin Euroopan alue voisi tuottaa halvemmalla ympäristöä saastuttamalla. Unionin tason säätely auttaa varmistamaan tasapuoliset markkinat ja estää ympäristön tilaa heikentävän toiminnan. (Aaltola, 2024)

Lisäksi Euroopassa on käytössä erilaisia sertifiointi- ja merkintäjärjestelmiä, jotka ovat usein yksityisten tai järjestöjen hallinnoimia. Ne tuovat ympäristöystävällisyyden kuluttajavalintojen keskiöön, sillä niiden avulla kuluttajat voivat tehdä tietoisia päätöksiä tuotteiden valmistusprosessien ympäristövaikutuksista, kuten vesistöjen suojelusta. (Aaltola, 2024)

Gloaalista näkökulmasta Euroopan unionin vapaakauppasopimukset pyrkivät ylläpitämään korkeita ympäristönormeja. Näillä sopimuksilla pyritään varmistamaan, että markkinoille pääsevät vain tuotteet, jotka on valmistettu täyttäen tietyt ympäristökriteerit. Tämä auttaa tasapainottamaan taloudellista kilpailua ja estää sellaisten tuotteiden tuontia, jotka on valmistettu ympäristölle haitallisilla menetelmillä kehitysmaissa. (Aaltola, 2024)

Miten/milloin tuottajavastuu saadaan ulottumaan vaatetuontiin?

Nykyään laadullisilla kauppasopimuksilla pyritään edistämään ihmisoikeuksien ja ympäristönsuojelun toteutumista globaalisti. Näihin sopimukseen sisällytetään usein työsuojelua ja ympäristövastuuta koskevia säännöksiä, jotka parantavat tuottajavastuuta. Haasteena on kuitenkin se, että monet maat eivät halua sitoutua tällaisiin sopimukseen, erityisesti jos niissä on tiukkoja säädöksiä. Esimerkiksi EU:n neuvottelut Etelä-Amerikan kanssa ovat kohdanneet vastustusta, koska EU pyrkii ulottamaan omia sääntöjään koskemaan myös ulkopuolisia tuottajia. (Aaltola, 2024)

Kansalaisjärjestöillä on merkittävä rooli läpinäkyvyyden lisäämisessä, mikä voi vaikuttaa yritysten toimintaan. Esimerkiksi suuret yritykset, kuten H&M, ovat joutuneet julkisen kritiikin kohteiksi, kun niiden toimintaketjuista on paljastunut ihmisoikeusongelmia, kuten pakkotyövoiman käyttö. Tällainen julkinen paine lisää yritysten riskejä ja saa ne varovaisemmiksi. Tähän on auttanut myös vastuullisuusraportin julkistaminen kuluttajille. (Euroopan unioni, 2022) (Aaltola, 2024)

Euroopan parlamentti ja komissio saattavat reagoida kansalaisjärjestöjen nostamiin kysymyksiin, mikä voi johtaa uusiin säädöksiin ja markkinakäytäntöihin. Esimerkiksi keskustelut koskien EU- tullien laajentamista pienemmille, alle 150 euron arvoisille tuotteille liittyvät juuri tähän läpinäkyvyyden ja turvallisuusvaatimusten valvontaan. Hyvänä esimerkkinä TEMU- verkkokauppa, joka on herättänyt juuri kyseisestä aiheesta keskustelua laajalti. (Aaltola, 2024)

Pystytäänkö vedenkäyttöä / saastuttamista valvomaan EU-tasolla?

Tämä kysymys on minulla tutkimuskysymyksenä opinnäytetyössä. Olen etsinyt eri lähteistä kyseistä tietoa, mutta on hienoa saada kuulla vastaus itse MEP Aaltolalta ja mikä on hänen näkemyksensä asiassa.

EU:n ympäristö- ja ilmastopolitiikan vaikutukset ulottuvat usein jäsenvaltioiden kansalliseen lainsäädäntöön, vaikka EU:n toimivalta ei suoraan kata jäsenmaiden

metsien, maiden ja vesien hallintaa. Ilmastopoliitikka sen sijaan kuuluu EU:n sääntelyn piiriin, mikä merkitsee, että EU-lainsäädäntö voi koskettaa kansallisia käytäntöjä ja vesistöjä epäsuorasti. (Euroopan unioni, 2014) Esimerkiksi viime kaudella Euroopan parlamentissa hyväksyttiin merkittävä määrä ilmasto- ja ympäristölainsäädäntöä, mikä on vaikuttanut myös Suomen maatalouden sääntelyyn ja hoitokäytäntöihin. (Aaltola, 2024)

Keskustelu EU:n sääntelyvallan ulottuvuudesta herättää kuitenkin kritiikkiä. Joidenkin mielestä EU saattaa toimia liian laajasti sääntelyvaltaansa alueille, jotka perinteisesti kuuluisivat kansallisvaltioiden päätösvaltaan. Tämä ristiriita kansallisen ja EU-tason välillä näkyy myös poliittisessa keskustelussa ja vaalituloksissa. Haasteena on määritellä, kuinka pitkälle EU:n ilmastopoliittinen toimivalta voi ulottua ilman, että se ylittää jäsenvaltioiden suvereniteetin rajat. (Aaltola, 2024)

Miten näet, että EU:ssa pystyttäisiin vaikuttamaan kuluttajan käyttäytymiseen tekstiiliteollisuuden / vaatebisneksen kannalta?

Tämäkin kysymys on minulla tutkimuskysymyksenä, joten on mielenkiintoista kuulla Aaltolan vastaus ja verrata sitä omaan näkemykseeni. Häneltä sain myös uusia näkökulmia aiheeseen.

Kuluttajien tekemät valinnat voivat olla merkittäviä paitsi taloudellisesta näkökulmasta, myös poliittisesti, erityisesti ihmisoikeuksien ja ympäristön kannalta. EU-tasolla yksi tärkeä tehtävä on läpinäkyvyyden edistäminen, mikä auttaa tuomaan valvonnan piiriin sellaisia toimia ja prosesseja, jotka muutoin saattaisivat jäädä piiloon. Tämä tarkoittaa muun muassa lainsäädännön kehittämistä, jolla varmistetaan, että tuotteiden taustalla olevat käytännöt tulevat julki. (Aaltola, 2024)

Lisäksi kansalaisyhteiskunta ja erilaiset järjestöt tukevat tätä prosessia lisäämällä tietoisuutta ja valistamalla kuluttajia tuotteiden alkuperästä ja valmistusprosesseista. Tällainen valistus auttaa kuluttajia ymmärtämään valintojensa eettisiä ja

ympäristöllisiä seurauksia. Toisaalta markkinoilla usein suositaan edullisia tuotteita, vaikka niiden tuotanto saattaa olla ympäristön näkökulmasta kestävämpää. Tämä ilmiö kertoo siitä, että kuluttajien tietoisuus tuotteen koko elinkaaren vaikutuksista ei aina ole riittävä. (Aaltola, 2024)

Voisiko EU ympäristö- ja lainsäädäntötoiminta tulevaisuudessa sisältää niin voimakkaita toimenpiteitä ja pakotteita, että se perustaisi erillisiä tarkastusryhmiä valvomaan ja tarkastamaan tehtaiden eettisiä ja ympäristövaatimuksia paikan päällä varmistaakseen esimerkiksi sertifioidun puuvillan käytön ja muiden vaatimusten noudattamisen?

Tämä kysymys minulle heräsi keskustelun aikana. Mielessäni kävin lävitse erilaisia skenaarioita ja EU:n valta-asetelmaa. Halusin tiedustella, onko EU:lla kuinka paljon valtaa, ja kuinka pitkälle se voisi tai saisi mennä valvonnan suhteen.

Euroopan unionin tasolla olisi potentiaalia tehokkaampaan valvontaan ja sääntelyyn erityisesti ympäristöön ja kuluttajansuojaan liittyen, mutta haasteet ovat merkittäviä. Yksi keskeinen ongelma liittyy siihen, että EU:n valta on perinteisesti keskittynyt kansallisten viranomaisten tasolle, mikä voi johtaa kilpailun vääristymiin eri maiden välillä. Kuluttajansuojan ja ympäristöpolitiikan siirtäminen laajemmin EU-tasolle on poliittisesti herkkä kysymys, sillä se koskettaa kansallista suvereniteettia ja jäsenvaltioiden sisäistä sääntelyä. (Aaltola, 2024)

Erityisen huomionarvoista on kansalaisjärjestöjen rooli, jotka toimivat usein valtion rajojen yli tuoden esiin epäkohtia ja haastaen poliittisen päätöksenteon. Näiden järjestöjen kautta tapahtuva valvonta ja tietoisuuden lisääminen on tärkeää, mutta ei riitä korvaamaan laillisia säädöksiä ja valvontamekanismeja. (Aaltola, 2024)

Viime aikoina EU lainsäädäntöprosessissa on ollut esillä kysymys tiettyjen ympäristömyrkyjen jäämien sallimisesta tuontituotteissa. Tämä herätti keskustelua, koska EU-alueella aineet ovat kiellettyjä, mutta niiden täydellinen kieltäminen

tuontituotteissa voisi johtaa taloudellisiin seurauksiin, kuten hintojen nousuun. Esimerkiksi Euroopan riippuvuus kahvintuonnista asettaa paineita kompromissien löytämiseen, jotta kuluttajat eivät kärsisi kohtuuttomista kustannusten nousuista. (Aaltola, 2024)

Kuluttajien rooli on ratkaiseva, sillä eettiset valinnat riippuvat usein taloudellisista resursseista. Inflaation ja taloudellisen epävarmuuden aikana halpojen tuotteiden suosiminen voi vaikeuttaa kestävien valintojen tekemistä. Kuluttajien paine ja tietoisuus voivat kuitenkin vaikuttaa markkinoihin ja ohjata lainsäädäntöä kohti tiukempaa valvontaa ja reilumpaa kauppaa. Tästä seuraa kysymys, miten EU voisi tasapainottaa taloudelliset ja eettiset näkökohdat yhteisissä sääntelyratkaisuisaan. (Aaltola, 2024)

5.4 Ecolabel

Euroopan unionin kehittämä EU Ecolabel on ympäristömerkki (kuva 10), joka takaa, että tuotteiden valmistusprosessissa syntyy mahdollisimman vähän päästöjä. Merkki edellyttää myös, että käytettävien aineiden ympäristö- ja terveysriskit ovat mahdollisimman alhaiset. Lisäksi Ecolabel asettaa kriteereitä tuotteiden kestäväyydelle, mikä varmistaa niiden pitkäikäisyyden ja vähentää negatiivisia ympäristövaiikutuksia. Tavoitteena on edistää ympäristöystävällisempää kulutusta ja parantaa tuotteiden turvallisuutta. (Saramäki, 2013.)



Kuva 8. Ecolabel merkki.

Euroopan unionin Ecolabel-asetus (EY) N66/2010 luo perustan ympäristöystävälliselle tuotemerkinnälle, joka koskee useita tuotekategorioita, mukaan lukien tekstiilit. Asetuksen päätavoitteena on edistää tuotteita, jotka ovat ympäristövaikutuksiltaan vähäisempiä koko niiden elinkaaren ajan, sekä tukea kuluttajia tekemään kestäviä valintoja. Tekstiiliteollisuuden osalta Ecolabel-kriteerit keskittyvät erityisesti veden käytön ja puhtauden hallintaan tuotantoprosessien aikana. Asetus määrittelee tiukat ympäristökriteerit, jotka koskevat veden laatua ja käyttöä. Tämä tarkoittaa, että Ecolabel-merkin saavat tuotteet eivät saa aiheuttaa merkittävää ympäristön pilaantumista tai kuluttaa liikaa vesivaroja. Esimerkiksi on puhdistettava 75–95 % jätevedestä. (Räisänen ja muut, 2017.) Ecolabel-kriteerien noudattaminen vähentää kemikaalien, kuten väriaineiden ja muiden haitallisten aineiden, pääsyä vesistöihin. Kemialla käsittelevät vaatimukset varmistavat, ettei tuotteissa käytetä aineita, jotka voivat vahingoittaa ympäristöä tai ihmisten terveyttä.

Asetuksessa korostuu myös luonnonvarojen säästäminen ja jätteen tuotannon vähentäminen. Tämä edellyttää, että valmistajat kehittävät kestäviä tuotantoprosesseja, jotka eivät ainoastaan täytä nykyisiä ympäristönormeja, vaan myös edistävät

laajempaa kiertotaloutta. Tekstiilituotannossa on otettava huomioon eri vaiheiden ympäristövaikutukset, aina raaka-aineista valmistusprosessiin ja lopputuotteiden hävittämiseen. Ecolabel-merkinnän saaminen on vapaaehtoista, mutta se tarjoaa kuluttajille mahdollisuuden tehdä ympäristötietoisia valintoja. Tuotteen Ecolabel-merkki kertoo, että se on valmistettu ympäristöä kunnioittaen, mikä voi edistää kestävämpää kulutuskulttuuria Euroopan unionissa. (Ecolabel, n.d.)

6 TULEVAISUUDEN HAHMOTTAMINEN

Tekstiiliklusteri on yksi maailman saastuttavimmista teollisuudenaloista, erityisesti vedenkäytön ja jätevesipäästöjen osalta. (Estefanía ja muut, 2023) esittivät tutkimuksessaan uutta teknologiaa, adiabaattinen soninen haihdutusta ja kiteytystä (ASEC). Tutkimuksessa analysoitiin neljää erilaista nestemäistä jätettä, jotka oli kerätty eri vaiheista synteettisten ja luonnonkuitujen valmistusprosesseista. ASEC menetelmällä voitaisiin vähentää tekstiiliteollisuuden vedenkulutusta ja jäteveden tuottoa lähes nolnaan (Zero Liquid Discharge -järjestelmä). (Estefanía ja muut, 2023) On myös tutkittu, miten hiilidioksidilla voidaan korvata päällemenovärjäyksessä. Ylikriittinen hiilidioksidi -värjäys (Supercritical carbon dioxide) voisi olla ratkaisu värjäyksessä tarvittavan veden määrän vähentämiseen ja saastuttamiseen. (Elmaatya ja muut, 2020; Räisänen ja muut, 2017.)

6.1 ASEC- prosessi

ASEC-prosessissa käytetään sonista haihdutusta, jossa neste haihdutetaan ääniaaltojen avulla ilman ulkoista lämpöenergian lisäystä, mikä tekee prosessista adiabaattisen. Tämä tarkoittaa, että lämpötilan nousua ei tarvita nesteen haihduttamiseen, mikä parantaa energiatehokkuutta. Prosessin aikana vedestä eristyvät epäpuhtaudet, kuten suolat ja raskasmetallit, kiteytyvät ja voidaan erottaa vedestä. Näin syntyy erittäin puhdasta vettä, joka voi saavuttaa jopa tislattujen vesien laatuvaatimukset. ASEC-prosessissa saatu puhdas vesi voi olla käyttökelpoista teollisissa prosesseissa tai jopa ihmisten kulutukseen. Menetelmän tehokkuus on erityisesti havaittavissa synteettisten ja luonnonkuitujen tuotannossa, joissa syntyvä kiinteä jäte voidaan hyödyntää. Tutkimuksissa on todettu, että synteettisistä kuiduista saatava kiinteä jäte koostuu suurelta osin rikistä, kun taas luonnonkuitujen prosessoinnissa syntyvät jätteet sisältävät kevyempiä alkuaineita. (Estefanía ja muut, 2023) Tämä kiinteä jäte voidaan mahdollisesti käyttää esimerkiksi lannoitteena tai muissa teollisissa sovelluksissa, mikä tukee kiertotalouden periaatteita.

ASEC-menetelmän etuja ovat myös sen kyky hyödyntää uusiutuvaa energiaa ja ylijäämälämpöä, mikä tekee siitä ympäristöystävällisen vaihtoehdon. Tämä vähentää merkittävästi kasvihuonekaasupäästöjä, lähes nollaten CO₂ -päästöt. ASEC- teknologia voi näin ollen olla keskeinen tekijä tekstiiliteollisuuden dekarbonisoinnissa ja vedenkulutuksen minimoinnissa, mikä on linjassa EU:n Green Deal -tavoitteiden kanssa. ASEC-teknologia mahdollistaa muutoksen tekstiiliteollisuuden vedenkäytön käytännöissä tarjoten kestävä ratkaisun veden kierrätykselle ja jäteveden käsitteilylle. Tämän menetelmän käyttöönotto voisi vähentää teollisuuden negatiivisia ympäristövaikutuksia merkittävästi, mikä tekee siitä tärkeän työkalun tulevaisuuden kestävässä kehityksessä. (Estefanía ja muut, 2023)

6.2 Hiilidioksidilla värjääminen

Hiilidioksidilla tapahtuva kangasvärjäys eli ylikriittinen hiilidioksidi (scCO₂) -värjäys, on kehittynyt teknologia, joka vähentää perinteisen vesipohjaisen värjäysprosessin ympäristöhaittoja. Tämä menetelmä hyödyntää hiilidioksidia (CO₂) liuottimena väriaineiden kuljettamiseen ja kiinnittämiseen kankaisiin, mikä eliminoi veden tarpeen ja vähentää merkittävästi kemiallisia päästöjä. Ylikriittinen tila saavutetaan, kun hiilidioksidi altistetaan kriittiselle lämpötilalle (noin 31 °C) ja paineelle (73,8 bar). Tässä tilassa hiilidioksidilla on sekä nesteen että kaasun ominaisuuksia, jolloin se voi tunkeutua kankaan kuituihin tehokkaammin kuin tavallinen kaasu tai neste. Ylikriittinen CO₂ toimii liuottimena, joka pystyy liuottamaan monia väriaineita, erityisesti synteettisiä, kuten dispergointiväriaineita. Tämä tekee siitä soveltuvan erityisesti polyesterikuitujen värjäykseen, mutta teknologiaa voidaan käyttää myös muissa kuitutyypeissä, kuten nylonissa ja akryylissa. Hiilidioksidi toimii väriaineen kantajana tunkeutuen syväälle kankaan kuituihin. Kun prosessi on saatu päätökseen, hiilidioksidi palautetaan takaisin kaasumaiseen muotoon, jolloin se voidaan kerätä talteen ja käyttää uudelleen. Tämä vähentää merkittävästi CO₂-päästöjä. (Elmaatya ja muut, 2020)

Vaikka scCO₂-värjäys tarjoaa merkittäviä etuja, sen käyttöön liittyy joitakin rajoitteita. Tällä hetkellä menetelmä on taloudellisesti järkevä pääasiassa synteettisten

kuitujen, kuten polyesterin värjäykseen, sillä luonnonkuidut kuten puuvilla, eivät ole yhtä yhteensopivia prosessin kanssa ilman erityiskäsittelyjä. Lisäksi alkuinvestoinnit laitteistoihin, jotka kestävät korkeat paineet ja lämpötilat, voivat olla merkittävä taloudellinen este teknologian laajamittaiselle käyttöönotolle. Tätä värjäysmenetelmää on tutkittu pitkään ja siitä on olemassa myös tehdasmittakaavainen tuotantolaitos DyeCoo Vietnamissa (DyeCoo, n.d; Speciality Fabrics Review, 2023.). Artikkelin mukaan tehdas vähensi jopa 58 % heidän päästöistensä tämän teknologian avulla. Esimerkiksi suuryhtiöt Adidas, Nike ja Peak Performance suosivat scCO₂ värjäystä. (DyeCoo, n.d.) Lisäksi DyeCoo on kehittänyt pienempiä, täysin sähkökäyttöisiä scCO₂-värjäykseen soveltuvia koneita, jotka voivat palvella myös pienempiä tuotantomääriä ja tutkimus- ja kehitystyötä, mikä voi auttaa alentamaan investointikustannuksia ja laajentamaan teknologian saavutettavuutta. (Global Textile Source, 2023.)

Menetelmän laajempaa käyttöönottoa hidastavat suuret laitteiden investointikustannukset verrattuna tavalliseen päällemenovärjäykseen (Räisänen ja muut, 2017). ScCO₂-värjäyslaitteistot voivat vaatia huomattavia alkuinvestointeja. Yleisesti ottaen korkeat paineet ja lämpötilat edellyttävät erikoisvalmisteisia laitteita, mikä nostaa käyttöönoton kustannuksia (Global Textile Source, 2023). Tämän vuoksi monet yritykset, jotka harkitsevat tämän teknologian käyttöönottoa, miettivät tarkasti investointien kannattavuutta verrattuna perinteisiin värjäysmenetelmiin, joihin liittyy alhaisemmat alkuinvestoinnit (Speciality Fabrics Review, 2023).

Ympäristöystävällisten järjestelmien lisääminen voi nostaa kustannuksia, koska niihin liittyy edistyksellistä teknologiaa, kuten jätevedenkäsittelyä, veden kierrätystä ja energiatehokkuutta. Tällaiset järjestelmät voivat muodostaa noin 5–10 % alkuperäisestä investoinnista, mikä tarkoittaa, että 100 miljoonan euron investoinnissa ympäristöystävälliset järjestelmät voivat maksaa noin 5–10 miljoonaa euroa. (Sheykin, 2024.)

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytteen tutkimustulosten mukaan vastuullisesti tuotetut tekstiilit voivat olla ympäristön kannalta kestävämpiä vaihtoehtoja, kun taas vastuuttomasti tuotetut tekstiilit voivat aiheuttaa haasteita, kuten vesistöjen saastumista ja ekosysteemien kuormittumista. Tämä osoittaa, kuinka tärkeää on kiinnittää huomiota tuotannon eettisyyteen ja ympäristövaikutuksiin. Vuonna 2024 on jo nähtävissä uutta suuntausta tekstiiliteollisuudessa, jossa pyritään vastuullisempaan työntekoon. Kuitenkin tämä ilmiö on näkyvissä vasta länsimaalaisissa yhtiöissä esimerkiksi Adidaksen ja Niken tuotantolaitoksissa. (Global Textile Source, 2023.) Riittäväillä toimilla ja rajoituksilla kuluttajilta sekä Euroopan Unionilta voisi olla vaikutusta myös kolmannen osapuolen maiden vastuulliseen tuotantoon. Tällä hetkellä yksi ongelmista on tietämättömyys koko tuotantoketjun toiminnasta. Moni valmistaja ei esimerkiksi tiedä, mistä ja miten heidän puuvillansa on tuotettu. Riittäväällä tietoisuudella ja painostuksella voidaan kuluttajia ohjailta valitsemaan vastuullisempi vaihtoehto.

7.1 Toimeksiantajan kommentit

”Tämä opinnäytetyö antoi hyvän läpileikkauksen tekstiiliteollisuuden nykytilasta ja sen ongelmista. Samalla tässä työssä tuodaan esille myös hyvin yleinen ongelma, kun puhutaan vihreästä siirtymästä: rahoitus. Olemme törmänneet teollisuuden investoinneissa juuri tähän ongelmaan, että varsinaista siirtymää, loikkaa yms ei voi syntyä, kun kertakustannukset nousisivat liian suuriksi.

Toisesta näkökulmasta katsoen, tämä korostaa sitten aivan uusia kierrätykseen perustuvia tekniikoita, joita Suomessakin parhaillaan viritellään käyttökuntoon. Näissäkin tosin jänneväli näyttää venyvän, sillä rajoituksen kanssa on nyt pari vuotta painittu melkoisesti. Oli mielenkiintoista lukea myös tuosta tutkimuksesta, jonka Finlayson on toteuttanut. Se ei ollut aikaisemmin tullut tietooni. Olemme olleet pitkään tekemisissä teollisuusvesien käsittelyssä. Tämä työ oli mielenkiintoinen myös tältä kannalta. Oma kokemuksemme on, että teollisuudessa vesi laskeetaan usein hyödykkeeksi, jota on aina ja ikuisesti tarjolla ja sen jälkikäsittely on

vain ajan ja rahan haaskausta. Sen vuoksi onkin hyvä, että valtiot ovat asettaneet yhä tiukempia raja-arvoja vesien saastuttamisille ja kuten työstä voidaan lukea, tekstiiliteollisuudella on tässä vielä jonkin verran työtä edessä.

Tämä työ antoi meille juuri sitä kuvaa, mitä haimme tämän hetken tilanteesta. Tämän taustatiedon turvin on huomattavasti helpompi lähteä keskustelemaan uusien tekniikoiden kokonaiskannattavuudesta, kun siis puhutaan myös muusta kuin suoraan rahasta. Tämä työ sopisi yhtenä esimerkkinä luettavaksi myös päättävillä henkilöille, kuten poliitikoille. Heidän olisi syytä ymmärtää tämä dilemma, että jos oikeasti halutaan jotain suurta ja mullistavaa tapahtuvan hyvin lyhyessä ajassa, niin siihen tarvitaan taakse myös muuta kuin markkinavoimat.

Kiitämme työn tekijää ja toivomme, että hän pääsee omalla työurallaan ratkaisemaan näitä, meitä kaikkia ihmisiä koskevia isoja globaaleja ongelmia.”

(Timil Asiantuntijapalvelut Oy, 2024)

7.2 Oma pohdinta

Sain vastauksen kysymykseen, miten Euroopan unioni voisi valvoa ja rajoittaa vedenkulutusta ja sen saastuttamista. Vastaus oli mielestäni sekä positiivinen että negatiivinen. Hyvä puoli on, että Euroopan unioni voisi ryhtyä radikaaleihinkin toimiin eikä sille ole estettä. Negatiivinen puoli on, etteivät kuluttajat välttämättä itse ole valmiita hintojen nousuun, jonka valvonta aiheuttaisi. Kuluttajat määräävät paljolti, mitä markkinoilla on myytävänä, ja tällä hetkellä inflaation takia kuluttajat suosivat halpaa ja laadutonta todennäköisemmin eettisesti ja tarkasti tehtyä kalliimpaa versiota. (Aaltola, 2024)

Finlayson valmisti testimielessä vastuuttoman ja vastuullisen pussilakanan. Kummatkin laitettiin myyntiin vierekkäin ja seurattiin menekkiä. Vastuuton maksoi vain 14,99 €, kun taas vastuullinen 54,95 € (Kuva 11.). Moni kuluttaja valitsi halvan vastuuttoman lakanan kalliin sijaan. Tämä oli räikeä esimerkki, kuinka suuri merkitys

hinnalla on kuluttajan silmissä verrattuna eettisyyteen ja tuotteen laatuun. (Finlayson, n.d.)



Kuva 9. Finlaysonin mainoskuva (Finlayson, n.d.).

Yrityksien on siis harkittava, mitkä ovat niiden yritysarvot, kun ne alkavat tuottaan tekstiilejä. Onko yritys tuloskeskeinen ja valmis ottamaan riskin ihmisarvojen kustannuksella vai haluaako se hyvän eettisen maineen mahdollisella vähemmällä kuluttajakunnalla?

Olen kuitenkin optimistinen ja haluan uskoa, että uudet innovaatiot, kuten esimerkiksi scCO₂-värjäys, saavat yhä suurempaa kannatusta yritysten keskuudessa. Tämä mahdollistaisi vihreämmän tavan tuottaa tekstiiliä, ja täten säilyttää kallisarvoisia vesivaroja maailmalla. Katsoin myös Yle Areenasta (2024) Rehellinen muoti nimisen dokumentin. Dokumentti seurasi Amy Powney Mother of Pearl -vaatemerkin malliston luomista. Heidän tavoitteenansa oli luoda mahdollisimman

vastuullinen mallisto. Tämä kuitenkin osoittautui isoksi haasteeksi, sillä aikaa ei ollut paljon, eikä läheltä löytynyt heidän standardinsa eettisen villan tuottajia. Dokumentti avasi silmiäni, mitä kaikkea joudutaan tekemään ja tutkimaan, jotta luotaisiin eettinen vaate.

LÄHTEET

Aaltola, M. (05. 11 2024). Euroopan Unionin toimet veden liikakulutuksessa ja -saastuttamisessa. (I. Raitis, Haastattelija)

Anatolyi, S; Arstan, M.; Askar, D.; Nailya, D.; Gulmira, U; Timur, D. (2016.). *National Library of Medicine*. Noudettu osoitteesta (22.10.2024) PubMed Central, The Incidence of Malignant Tumors in Environmentally Disadvantaged Regions of Kazakhstan: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5454659/>

ATSDR Agency for Toxic Substances and Disease Registry . (2014). *Toxic Substances Portal*. Noudettu osoitteesta (18.10.2024) Public Health Statement for Pyrethrins and Pyrethroids: <https://wwwn.cdc.gov/TSP/PHS/PHS.aspx?phsid=785&toxid=153>

Bayer. (2024.). *Crop Science United States*. Noudettu osoitteesta (26.10.2024) Causes of High Micronaire in Cotton: cropscience.bayer.us/articles/dad/causes-of-high-micronaire-in-cotton

BBC. (2018). *BBC*. Noudettu osoitteesta (03.10.2024) 'There used to be fish; now there's a camel' — the fashion industry's shocking environmental impact on the Aral Sea: <https://www.bbc.co.uk/programmes/p06n27x3>

Britannica. (2024.). *Britannica*. Noudettu osoitteesta (22.09.2024) Environmental consequences: <https://www.britannica.com/place/Aral-Sea/Environmental-consequences>

Britten, F. (2024). *The Guardian* . Noudettu osoitteesta (22.09.2024) Where does the UK's fast fashion end up? I found out on a beach clean in Ghana: <https://www.theguardian.com/fashion/2024/sep/24/where-does-the-uks-fast-fashion-end-up-i-found-out-on-a-beach-clean-in-ghana>

CLEANR. (2023). *CLEANR*. Noudettu osoitteesta (02.11.2024) CLEANR Debuts Powerful New Washing Machine Filters to Help Stop the Largest Source of Microplastic Pollution from Entering the Environment: <https://www.cleanr.life/news/cleanr-debuts-powerful-new-washing-machine-filters-to-help-stop-the-largest-source-of-microplastic-pollution-from-entering-the-environment>

CLEANR. (n.d). *CLEANR*. Noudettu osoitteesta (02.11.2024) <https://www.cleanr.life/>

Deutsche Welle. (2019). *Deutsche Welle*. Noudettu osoitteesta Toxic leather industry: <https://www.dw.com/en/environmental-impact-of-the-leather-industry/video-48936651>

DyeCoo. (n.d.). *DyeCoo*. Noudettu osoitteesta (04.11.2024) Trusted By: <https://dyecoo.com/trusted-by/>

DyeCoo. (n.d.). *DyeCoo*. Noudettu osoitteesta (04.11.2024) CO2 Dyeing: <https://dyecoo.com/co2-dyeing/>

Ecolabel. (n.d.). *Ecolabel*. Noudettu osoitteesta (20.09.2024) EU-ympäristömerkki: <https://eu-ymparistomerkki.fi/tietoa-merkista/>

Elearning Platform. (n.d.). *International Symposium on Ecological Restoration and Management of the Aral Sea*. Noudettu osoitteesta (15.10.2024) <https://elearning.carecinstitute.org/ru/learning-modules/workshops/231.html>

Elmaatya, T. A.;Kazumasa, H.;Elsisi, H.;Mousa, A.;Sorour, H.;Gaffer, H.;. . . Farouk, R. (2020). *Science direct*. Noudettu osoitteesta (16.10.2024) Pilot scale water free dyeing of pure cotton under supercritical carbon dioxide: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666893920300104>

ELY- keskus. (2024). *Elinkeino, liikenne ja ympäristökeskus*. Noudettu osoitteesta (08.11.2024) Tuottajavastuu: <https://www.ely-keskus.fi/web/tuottajavastuu/yritys-tunne-tuottajavastuusi>

Estefanía, B.;Sebastián, V.;Blasco, J.;& Tomás, Á. D. (2023). *MDPI*. Noudettu osoitteesta (08.10.2024) Towards a Cleaner Textile Industry: Using ASEC to Decrease the Water Footprint to Zero Liquid Discharge: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/21/3781>

Euroopan unioni. (2014). *EUR-Lex*. Noudettu osoitteesta (23.10.2024) Consolidated text: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02000L0060-20141120>

Euroopan unioni. (2018). *EUR-Lex*. Noudettu osoitteesta (05.10.2024) Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0851>

Euroopan unioni. (2022). *EUR-LEX*. Noudettu osoitteesta (08.10.2024) EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI (EU) 2022/2464,,: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32022L2464>

Euroopan unioni. (2024.). *C/2024/2893*. Noudettu osoitteesta (28.09.2024) Nimen rekisteröintihakemuksen julkaiseminen maataloustuotteiden ja elintarvikkeiden laatu järjestelmistä annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) N:o 1151/2012 50 artiklan 2 kohdan a alakohdan nojalla: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=OJ:C_202402893

Euroopan unioni ECHA. (2024). *ECHA European Chemical Agency*. Noudettu osoitteesta (19.10.2024) Euroopan kemikaalivirasto,

<http://echa.europa.eu/>: <https://echa.europa.eu/fi/environmental-quality-standards>

Euroopan unioni. (n.d.a). *European Commission*. Noudettu osoitteesta (14.10.2024) Agriculture and rural development, Cotton: https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/cotton_en

Euroopan unioni. (n.d.b). *ECHA European Chemicals Agency*. Noudettu osoitteesta (12.10.2024) REACH-asetus tutuksi: <https://echa.europa.eu/fi/regulations/reach/understanding-reach>

European Environment Agency . (2024). *European Environment Agency* . Noudettu osoitteesta (17.10.2024) Management of used and waste textiles in Europe's circular economy: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2024-05/management-of-used-and-waste.pdf>

European Union. (2000). *EUR-LEX*. Noudettu osoitteesta (10.10.2024) Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY, annettu 23 lokakuuta 2000, yhteisön vesipolitiikan puitteista: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex%3A32000L0060>

Feriantano. (2023). *Feriantano*. Noudettu osoitteesta (02.11.2024) Mikromuovisuodattimet pesukoneille: Ratkaisu muoviongelmaan?: <https://feriantano.com/fi/articles/35660-microplastic-filters-for-washing-machines-the-solution-to-t>

Finlayson. (n.d.). *Finlayson*. Noudettu osoitteesta (08.11.2024) Vastuutonlakana Kumman sinä valitset?: <https://www.finlayson.fi/pages/vastuutonlakana>

Global Textile Source. (2023). *Global Textile Source*. Noudettu osoitteesta (02.11.2024) Adidas endorses supercritical CO2 dyeing:

<https://globaltextilesource.com/news/adidas-endorses-supercritical-co2-dyeing>

Keränen, M. (2021). *Sienirihmastosta nahan korvaaja vaateteollisuuteen? Suomessa kehitettiin menetelmä teollisen mittakaavan tuotantoon.* Noudettu osoitteesta (13.10.2024) Tekniika ja talous: <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/sienirihmastosta-nahan-korvaaja-vaateteollisuuteen-suomessa-kehitettiin-menetelma-teollisen-mittakaavan-tuotantoon/3f06c8ca-1703-447f-a99f-42331040a111>

Leather Naturally. (n.d.). *Leather Naturally.* Noudettu osoitteesta (13.10.2024) Reducing Water Use in Tanneries: <https://www.leathernaturally.org/resources/features/reducing-water-use-in-tanneries/>

MAMOQ. (2019). *Medium.* Noudettu osoitteesta (02.10.2024) Stacey Dooley's BBC Documentary "Fashion's Dirty Secret": <https://medium.com/@thecocosocial/stacey-dooleys-bbc-documentary-fashion-s-dirty-secret-fd5b192ed5e0>

National Institute of Standards and Technology . (2022). *National Institute of Standards and Technology .* Noudettu osoitteesta (15.10.2024) NIST Guide to the SI, Appendix B.8: Factors for Units Listed Alphabetically: <https://www.nist.gov/pml/special-publication-811/nist-guide-si-appendix-b-conversion-factors/nist-guide-si-appendix-b8>

Nkatha, K. (2023). *Greenpeace.* Noudettu osoitteesta (23.10.2024) How fast fashion is fuelling the fashion waste crisis in Africa: <https://www.greenpeace.org/africa/en/blog/54589/how-fast-fashion-is-fuelling-the-fashion-waste-crisis-in-africa/>

- Nothing to Hide. (n.d.). *Nothing to Hide*. Noudettu osoitteesta (13.10.2024) Essay ten: Management of water-use in tanneries: http://nothing-to-hide.org/LeatherFacts/Water:_reduce,_reuse,_recycle
- Osipova, E. (2021). *YLE*. Noudettu osoitteesta (08.10.2024) Vaatteiden värjäykseen käytetyt kemikaalit pilaavat jokia Afrikassa – ratkaisu ongelmaan on, mutta vaateteollisuus ei ole vielä tarttunut siihen: <https://yle.fi/a/3-12061342>
- PBS NewsHour. (2017). *Youtube*. Noudettu osoitteesta (08.10.2024) Bangladesh leather industry exposes workers to toxic hazards: https://www.youtube.com/watch?v=_pIfJoigNF8
- Plasticfinder. (n.d.). *Plasticfinder*. Noudettu osoitteesta (21.10.2024) PET (Polyethylene terephthalate): <https://www.plasticfinder.it/en/pet/pet-polietilen-tereftalato>
- Reima. (n.d.). *Reima*. Noudettu osoitteesta (02.11.2024) Guppyfriend pesupussi: <https://www.reima.com/fi-FI/products/guppyfriend-pesupussi>
- Ruhola, A. (2016). *LUT University*. Noudettu osoitteesta (23.10.2024) Selluloosapohjaiset muuntokuidut (viskoosi, lyocell ja ioncell) puuvillan korvaajina tekstiiliteollisuudessa – kuitujen valmistusprosessit ja rakennerot: <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/130612>
- Räisänen ja muut. (2017.). Tekstiilien materiaalit. Teoksessa R. Räisänen;M. Rissanen;E. Parviainen;& H. Suonsilta, *Tekstiilien materiaalit* (ss. 26-34; 103-104). Oy Finn Lectura.
- Salonen, V. (n.d.). *Suomen tekstiili ja muoti*. Noudettu osoitteesta (04.10.2024) Tilastoja tekstiilikuitujen tuotannosta globaalisti: <https://www.stjm.fi/tekstiili-ja-muotiala-suomessa/tilastot/kuitujen-tuotanto/>

- Saramäki, R. (2013). Hyvän mielen vaatekaappi. Teoksessa R. Saramäki, *Hyvän mielen vaatekaappi* (ss. 14-31). Atena.
- Sari. (2018). *Sekasin kuoseista*. Noudettu osoitteesta (23.10.2024) Tekstiilimateriaalit ja vesijalanjälki: <http://sekaisinkuoseista.blogspot.com/2018/01/tekstiilimateriaalit-ja-vesijalanjalki.html>
- SEWPORT. (n.d.). *SEWPORT*. Noudettu osoitteesta (21.10.2024) What is Polyester Fabric: Properties, How its Made and Where: <https://sewport.com/fabrics-directory/polyester-fabric>
- Sheykin, H. (2024). *FINMODELSLAB*. Noudettu osoitteesta (12.11.2024) How Much Does It Cost To Launch A Clothing Line? : <https://finmodelslab.com/blogs/startup-costs/clothing-manufacturing-startup-costs>
- Shoily, S. S.;Fatema, K.;Dina, R. B.;Biswas, A.;Haque, P.;Rahman, M. M.;. . . Sajib, A. A. (2023). *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology Springer Open*. Noudettu osoitteesta (23.10.2024) The pectinolytic activity of Burkholderia cepacia and its application in the bioscouring of cotton knit fabric: <https://jgeb.springeropen.com/articles/10.1186/s43141-023-00596-5>
- Speciality Fabrics Review. (2023). *Speciality Fabrics Review*. Noudettu osoitteesta (02.11.2024) DyeCoo, CleanDye CO2 dyeing technology reduces emissions by 58%: <https://specialtyfabricsreview.com/2023/09/29/dyecoo-cleandye-co2/>
- Suomen Tekstiili ja Muoti. (n.d.). *Suomen Tekstiili ja Muoti*. Noudettu osoitteesta (13.10.2024) Viskoosi: <https://www.stjm.fi/tekstiilikuidut/viskoosi/>

Suomen YK-liitto. (n.d.). *Suomen YK-liitto*. Noudettu osoitteesta (13.11.2024)

Kestävä kehitys: <https://www.ykliitto.fi/kestava-kehitys>

The ZDHC Roadmap to Zero Programme. (2023). *YouTube*. Noudettu osoitteesta

(12.11.2024) Wastewater Management in the Textile, Footwear and
Leather Industry:

https://www.youtube.com/watch?v=P6ox73yz_iY&t=13s

Timil Asiantuntijapalvelut Oy. (16.11.2024). Opinnäytetyön kommentointi.

Toimeksiantajan opinnäytetyön kommentointi sähköpostitse.

Työterveyslaitos. (2015). *Työterveyslaitos, Biomonitorointi*. Noudettu osoitteesta

(12.10.2024) Rikkihiili: <https://www.ttl.fi/sites/default/files/2022-01/Rikkihiili.pdf>

Wang, Z.;Chen, S.;He, Y.;Liang, L.;& Jiang, Z. (2024). Fish guts possess higher

priority in assessing ecological risk of microplastics. *Ecological Indicators - Science Direct by Elsevier*. Noudettu osoitteesta (13.11.2024)

[https://pdf.sciencedirectassets.com/272241/1-s2.0-S1470160X23X00223/1-s2.0-S1470160X24012494/main.pdf?X-Amz-Security-](https://pdf.sciencedirectassets.com/272241/1-s2.0-S1470160X23X00223/1-s2.0-S1470160X24012494/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEAoaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQDBqB%2B9NJI%2FvCSdmMOSli0%2FFLKPrpBbJtorQ73pVyAq%2FQlgHehyVzPMIKd5D%2FRdmW%2F56uDQHntR6wyw)

Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEAoaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQDBqB%2B9NJI

%2FvCSdmMOSli0%2FFLKPrpBbJtorQ73pVyAq%2FQlgHehyVzPMIKd5D%2

FRdmW%2F56uDQHntR6wyw

Water Footprint Network. (2017). *Water footprint assessment of polyester and*

viscose. Noudettu osoitteesta (13.10.2024)

https://waterfootprint.org/resources/WFA_Polyester_and__Viscose_2017.pdf

YLE. (2018). *Yle* . Noudettu osoitteesta (25.10.2024) Harva tietää halpavaatteen

todellisen hinnan: Pikamuoti saastuttaa enemmän kuin lento- ja

laivaliikenne, koska vaatteita ei tehdä kestäväksi: <https://yle.fi/uutiset/3-10309581>

YLE. (2019). *Yle areena*. Noudettu osoitteesta (06.11.2024) Stacey Dooley: Totuus halpamuodista: <https://areena.yle.fi/1-4>

Yle Areena. (2024). *Yle Areena*. Noudettu osoitteesta (06.11.2024) Rehellinen muoti: <https://areena.yle.fi/1-67177578>

Kuva 1. Luonnonkuitujen kokonaistuotanto globaalisti 2021 (Salonen, n.d.).	14
Kuva 2. Kuitujen kokonaistuotanto 1990–2022 Mt (Salonen, n.d.)	15
Kuva 3. Puuvillalangan suurimmat tuotantomaaat 2022 (Salonen, n.d.)	16
Kuva 4. Aral-järven kuivumisprosessi 1977–2013 (Eleraning Platform, n.d.)	18
Kuva 5. Polyeteenitereftalaatti on pitkäketjuinen kemikaalinen yhdistelmä. Tämä kuvaa polyeteenitereftalaatin lujuutta, mikä on nähtävissä kemikaalin rakenteessa (Plasticfinder, n.d.)	23
Kuva 6. Polyesterin globaali tuotantoarvio miljoonissa tonneissa (Räisänen ja muut, 2017)	23
Kuva 7. Kartta eniten polyesteriä tuottavista maista. Kiina on isoin vienti valtio, kun taas Yhdysvalloissa keksittiin polyesteri (SEWPORT, n.d.)	24

Kuva 8.CLEANR- Vortx suodatin (CLEARN, n.d).....	27
Kuva 9. Guppyfriend pesupussi (Reima, n.d.)	28
Kuva 10. Ecolabel merkki.	51
Kuva 11. Kuva 11. Finlaysonin mainoskuva (Finlayson, n.d.).....	58