

Elinkaarilaskennan hyödyntäminen vaatesuunnittelussa

Mirka Uunimäki
LAB- Ammattikorkeakoulu
Muotoilija (AMK)
Teollinen- ja brändimuotoilu,
Puettava Muotoilu
Kevät 2022

N o t a x x x x x x x p a n a c e a

Elinkaarilaskennan
hyödyntäminen vastuullisena
vaatesuunnittelun
suunnittelustrategiana
naisten vaatemaaliston
koostamisessa



Life Cycle Assessment as a
sustainable clothing design
strategy for women's wear
collection

Tiivistelmä

Tutkimuksessa havainnollistettiin elinkaarilaskennan mahdollisuuksia osana vastuullista vaatesuunnittelua ja sitä, voisiko laskennan avulla tuottaa vastuullinen suunnittelustrategia vaateteollisuuden käyttöön. Tutkimuksessa tutkittiin elinkaarilaskennan eli LCA:n toimintaperiaatteita tekstiiliteollisuuden viitekehyyksessä ja pyrittiin löytämään LCA:n vahvuudet ja heikkoudet tuotannon elinkaarisen aikaisten vaikutusten todentamisessa.

Tutkimuksessa perehdyttiin suomalaisen naistenvaateyritys Voglian kolmen kankaan tuotantoprosesseihin ja tuotettiin näille LCA-pohjainen elinkaarilaskenta tuotteiden energian- ja vedenkulutukselle sekä hiilijalanjäljelle. Lisäksi tutkimuksessa tehtiin kokeellinen naistenvaatemallisto Voglian kolmesta kankaasta, jonka osalle tuotteista laskettiin lopullinen tuotannon elinkaarilaskenta.

Tutkimuksessa pääasiallinen tutkimusmenetelmä oli kirjallisuusanalyysi, jota tuettiin haastatteluilla sekä omalla suunnittelu- ja muotoilutyöllä. Laskenta toteutettiin mukaillen aiempia tutkimuksia sekä ohjaavia standardeja.

Tutkimuksen lopputulemanasaatiin tulokseksi se, että elinkaarilaskentaa voidaan käyttää vastuullista suunnittelua ohjaavana strategiana tietyin edellytyksin. Edellytyksiä olivat esimerkiksi suunnittelijan vankka ennako-osaaminen vastuullisesta vaatesuunnittelusta ja tekstiilien tuotantoprosesseista sekä kyky ymmärtää, analysoida ja hyödyntää laskennasta syntyvää dataa. Lisäksi itse datan saatavuus ja sen luotettavuus ilmenivät tutkimuksessa suuriksi haasteiksi.

Abstract

This study examined the possibilities of Life Cycle Assessment as a part of responsible clothing design, and whether it could be a sustainable design strategy for use in the clothing industry. The study examined the operating principles of Life Cycle Assessment (LCA) in the textile industry framework and clarified its possible strengths and weaknesses in verifying the effects during the production life cycle.

The study examined the production processes three of the Finnish womenswear company Voglia's fabrics and produced an LCA-based life cycle calculation for the energy and water consumption and carbon footprint of the products. In addition, an experimental collection of women's clothing was produced from the above-mentioned materials, for some of which the final production life cycle calculation was produced.

The main research method in the study was literature analysis, which was supported by interviews and the design work. The calculation was carried out following the previous studies and guiding standards. The study found that Life Cycle Assessment can be used as a strategy to guide responsible design under certain conditions. Prerequisites were, for example, the designer's solid prior knowledge of responsible clothing design and textile production processes, as well as the ability to understand, analyze and utilize the data generated from the calculation. In addition, the availability of the data itself and its reliability emerged as major challenges in the study.



S I S Ä L L Y S L U E T T E L O

1. Johdanto	1.
1.1. Tutkimuksen keskeisimmät käsitteet	1.
1.2. Johdanto aiheeseen	2.
1.3. Tutkimuksen tavoitteet	3.
1.4. Käytetyt tutkimusmenetelmät	4.
2. LCA eli elinkaarilaskenta	5.
2.1. Elinkaarilaskennan perusteet	5.
2.2. ISO-standardit elinkaarilaskennassa	6.
2.3. Vaatteen hiilijalanjälki	7.
2.4. Vaatteen vesijalanjälki	9.
2.5. Vaatteiden tuotantoprosessien ympäristövaikutukset	11.
2.6. Tuotantoprosessin hotspotit	12.
3. Valittujen materiaalien analyysi	14.
3.1. Yhteistyöyritys Voglia	14.
3.2. Tutkimuksessa käytettävät materiaalit	15.
3.3. Voglian materiaalien hotspotit	19.
4. Tutkimuksen laskenta	21.
4.1. Tutkimuksen laskennallinen yksikkö ja raja	21.
4.2. Kankaiden laskenta	23.
4.2.1 Voglian viskoosikankaan laskenta	23.
4.2.2 Voglian villakankaan laskenta	25.
4.2.3 Voglian puuvilla-polyesterikankaan laskenta	27.
4.3. Malliston laskenta	29.
4.4. Elinkaarilaskennan analyysi	33.
4.5. Suunnittelijan vastuu	35.
4.6. Elinkaarilaskenta suunnittelustrategiana	36.
5. Suunnittelutyö	37.
5.1. Opinnäytetyön malliston taustat	37.
5.2. Työskentely ja suunnitteluprosessi	39.
5.3. Elinkaarilaskennan vaikutukset malliston suunnitteluun	40.
6. Not a xxxxxxx panacea-mallisto	41.
6.1. Luonnokset ja työstö	43.
6.2. Mallistokartta	47.
6.3. Not a xxxxxxx panacea	49.
6.4. Editorial kuvaukset	57.
6.5. Tutkimuksen yhteenveto	65.
Lähdeluettelo	67.
Liitteet	
Liite 1. Polyesteri-puuvilla farkkukankaan laskenta	Liite 3. Villakankaan laskenta
Liite 2. Viskoosikankaan laskenta	Liite 4. Tuotteiden laskenta

1. Johdanto

1.1 Tutkimuksen keskeisimmät käsitteet

Elinkaari

Tuotteen matka kuitutasolta valmiiksi tuotteeksi tai sen käytön loppuun. Elinkaarilaskennassa puhutaan kehdestä porttiin (cradle-to-gate) tai kehdestä hautaan (cradle-to-grave) kuvattaessa joko koko tuotannon elinkaarta tai tuotteen koko elinkaarta.

FINIX-hanke

Aalto-yliopiston ylläpitämä hanke, jossa tutkitaan uusia kestäviä materiaaleja, digitaalisia innovaatioita, sekä kiertotalousmalleja tekstiilialalla. Hanke on Suomen Akatemian rahoittama. (Finix 2019-2022)

Hiilidioksidiekvivalentti

Kuvaa eri kasvihuonekaasupäästöjen yhteenlaskettua ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Näistä voidaan laskea ilmaston lämmityspotentiaali (Global Warming Potential, GWP) (Openco2 2021).

Hiilijalanjälki

Kuvaa tietyn rajattavissa olevan kokonaisuuden aiheuttamaa ilmastokuormaa (Openco2 2021).

LCA

Life Cycle Assessment eli elinkaarilaskenta

Monomateriaali

Vain yhtä materiaalia tai kuitua sisältävä materiaali, johon ei ole sekoitettu muita materiaaleja tai kuituja.

Mulesing-vapaa

Mulesing on operaatio, missä lampaan peräaukon ympärille tuotetaan arpikudosta, jonka tarkoitus on ehkäistä erilaisia loisia lampaassa. Mulesing-vapaa villa on tuotettu ilman tätä operaatiota. (IWTO 2019)

Primääridata

Ensisijaista tietoa. Saadaan toimipaikkakohtaisen yksityiskohtaisesti.

Päästökerroin

Kuvaa syntyvän päästön määrää suhteessa tuotetun tuotteen tai palvelun määrään. Päästökertoimia käytetään hiilijalanjäljen määrittämiseen. Esimerkki päästökertoimesta on kg CO₂-q /kg, jolla voidaan kuvata kuinka paljon hiilidioksidiekvivalenteja yksi kg tuotantoa aiheuttaa. (Openco2 2021)

Sekundääridata

Kolmannen osapuolen keräämää, ei spesifioitua tietoa. Perustuu yleistyksiin ja olettamuksiin sekä alan tutkimuksiin, joita selostetaan, tiivistetään ja niihin viitataan.

Suorat perusvirrat

Kaikki tuotantopäästöt ja tuotantoon kuluvat resurssit, jotka esiintyvät suoraan prosessin yhteydessä. Esimerkiksi prosessien päästöt.

Sähkönseuranta (energy grid mix)

Sähkönseuranta on prosessi, jossa sähköntuotantotavat määritetään sähkönkulutukselle. Tämä voi tarkoittaa maakohtaisia tai aluekohtaisia vaikutuksia sähköntuotannon aiheuttamiin päästöihin. (Ritchie ym. 2020)

Tietopankki

Elinkaarilaskennassa käytetään vertaisarvioituja tietopankkeja, joista saadaan suoraa toissijaista tietoa toiminnan vaikutuksista. Tietopankit ovat usein kaupallisia ja niiden käyttö maksullisen lisenssin takana.

Tuotosvirrat

Tuote-, materiaali- tai energiavirta, jotka tulevat ja lähtevät prosessista. Tuotteet ja materiaalit sisältävät raaka-aineet, välituotteet, sivutuotteet ja päästöt (ISO 14040: 2006).

1.2 Johdanto aiheeseen

Ympäristövaikutusten mittaaminen ja analysointi on lisääntynyt viimeisimmän vuosikymmenen aikana. WWF:n (WWF Green Office) mukaan ilman mittaamista ja analysointia tapahtuva ympäristötyö on kuin pohjarakenne, jonka päälle ei rakenneta itse rakennusta. Tällöin hyvää työtä heitetään hukkaan. Mikäli ympäristötyöhön lähdetään ja siihen panostetaan rahaa ja resursseja, mittauksia ja analysointia on tehtävä todentamaan työn toimivuus tai toisaalta toimimattomuus.

Työskenneltyäni jonkin aikaa elinkaarilaskennan (LCA, Life Cycle Assessment) parissa Aalto Yliopiston kura-toimissa FINIX-hankkeessa ympärilläni lähinnä insinöörejä, huomasin kyseisen tekniikan olevan tekstiilialalla vielä varsin pienen piirin toimintaa. Vaatesuunnittelussa LCA jätetään helposti ulos suunnitteluvaiheen tehtävältä. Vaatesuunnittelijalta odotetaan vankkaa tietopohjaa vastuullisesti suunniteltaessa, mutta suunnittelijoilla on usein vaillinaiset tiedot alan alati kehittyvistä innovaatioista ja muutoksista (Karell & Niinimäki 2019, 1002).

Tarkoitukseni on tässä opinnäytetyössä tutkia elinkaarilaskennan hyötyjä juuri vastuullisen suunnittelijan työkaluna, jonka avulla olisi mahdollista kerryttää tietoutta tuotteen tuotannon aikaisista ympäristövaikutuksista. Lisäksi näen paljon mahdollisuuksia ennaltaehkäistä negatiivisia ympäristövaikutuksia silloin, kun nämä havaitaan jo suunnitteluvaiheessa. Näin voitaisiin tehdä, mikäli elinkaarilaskenta saataisiin helppokäyttöiseksi osaksi suunnittelijan työtä ja laskentaa voitaisiin tehdä jo ennen kuin varsinainen konkreettinen tuotanto aloitetaan.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on puretua elinkaarilaskennan mahdollisuuksiin ja heikkouksiin vaatteiden tuotantoprosessissa ja pohtia sitä, millaisia mahdollisuuksia se antaa suunnittelijalle suunniteltaessa vastuullisesti. Työ tehdään yhteistyössä suomalaisen naistenvaatemerkki Voglian kanssa, jonka kolmelle materiaalille suoritetaan elinkaarilaskenta yrityksen oman elinkaaritiedon ja saatavilla olevan datan avulla. Tutkimuksessa käytetty yleinen elinkaaridata on osin kerätty osana Aalto-yliopiston FINIX-hanketta. Tarkoituksena on tutkia oman laskenta- ja muotoiluprosessini avulla, miten realistista olisi hyödyntää elinkaarilaskentaa jo suunnitteluvaiheessa osana prosessia ja millaisia vaikutuksia sillä itse prosessiin ja valmiisiin tuotteisiin on.

1.3. Tutkimuksen tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia LCA-laskennan vahvuuksia ja heikkouksia sekä laskennan että vaatesuunnittelijan näkökulmasta. Tutkimuksessa perehdytään datan saatavuuteen ja tuotantoprosesseihin sekä avataan, millaista tietoa olisi tulevaisuudessa tarvetta saada, jotta laskenta yleistyisi ja data olisi luotettavampaa. Data kerätään yhteistyöyritys Voglian sponsoroimista kolmesta materiaalista (villa, viskoosi ja puuvilla-polyesterisekoite). Näiden pohjalta valmistetaan vaatemallisto.

Malliston yhtenä inspiraationa toimii elinkaarilaskennan suunnittelutyössä aikaansaamat mahdollisuudet ja haasteet, jotka vaikuttavat muotoiluprosessiin ja vaatteen lopulliseen muotoon. Visuaalisena inspiraationa mallistoon toimii ihon pinnan muutoksien pohdinta virheen sijaan kauniina yksilöllisinä osana yksilöä. Lisäksi mallistossa pohditaan peittämisen ja paljastamisen suh-

detta ja mielenkiinnon luomista näiden luoman kontrastin vaihtelulla.

Inspiraatio on saanut alkunsa vaatteen keinotekoisesta vanhenemisesta, johon muotiteollisuudella on ollut suuri vaikutus. Vaate koetaan vanhentuneeksi, vaikka se olisi itsessään hyvässä kunnossa, kun se ei enää ole nykyisen muodin mukainen. Samoin hieman virttynyt eli kuluva vaate on vanha ja käyttökelpoton vain sen ulkoisen olemuksen vuoksi, vaikkakin se edelleen palvelee ensisijaista käyttötarkoitustaan olla päälle puettava lämmike ja suoja.

Ihohon näitä "virheitä" syntyy päivittäin ja ajan mittaan, kun elämä jättää siihen jälkensä. Samoin kuin vaate, ihokin mielletään vialliseksi mikäli sen pinta ei ole täydellinen. Mallisto on ihon venymien, arprien, värivirheiden ja tekstuurin inspiroima.

Kehittämistehtävä:

Elinkaarilaskennan hyödyntäminen suunnitteluvaiheen työkaluna ja sen vaikutukset

1.4. Käytetyt tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö sisältää tutkimuksellisen osion sekä toiminnallisen kehittämistehtävän. Ensisijaisina lähteinä toimivat alan tutkimukset, kirjallisuus sekä tietopankit. Niiden tueksi on koottu asiantuntijakommentteja, sekä suoritettu teemahaastattelu naisten vaatemerkin Voglian vastuullisesta suunnittelustrategiasta. Materiaalien elinkaaritieto on saatu yhteistyöyritys Voglialta ja sen materiaalien elinkaareen liittyviltä toimijoilta.

Aiheen monimutkaisuuden ja laajuuden vuoksi lähteet ovat luonnollisesti rajautuneet niihin, joita tutkimuksen viitekehäksessä on ollut mahdollista saavuttaa. Tämä tarkoittaa sitä, ettei tutkimusta voida nähdä täydellisenä elinkaarilaskentana energiankulutuksen hiilidioksidipäästöistä ja suorasta vedenkulutuksesta. Tutkimuksen tarkoituksena on parantaa ymmärrystä siitä, millaista tietoa suunnittelijan on mahdollista kerätä omilla resursseillaan ja miten tämän tiedon pohjalta tuotettu laskenta vaikuttaa suunnittelutyöhön.

Tutkimuksen toiminnallinen osa sisältää malliston suunnittelun ennalta määrättyistä kankaista. Tutkimuksen aikana pohditaan elinkaaritiedon vaikutusta suunnittelutyöhön. Tutkimus perustuu oman työn havainnointiin, keskusteluun ongelmakohtaisista asiantuntijoiden kanssa ja itse elinkaarilaskentaan, joka kulkee tiiviisti käsi kädessä koko prosessin ajan.

Tutkimusmenetelmät

Dokumenttianalyysi

Alan kirjallisuus ja tutkimukset

Teemahaastattelu

Kristiina Virtanen, henkilöstö- ja laatujohtaja, Voglia Oy
Sheenam Jain, Tutkijatohtori
,Aalto-Yliopisto

LCA-laskenta

Perustuu ISO 14040: 2006 standardiin

Tietopankit

Ecoinvent 3.6, Gabi ja Ideamat

Muotoilu ja vaatesuunnittelu

Avainsanat

Elinkaarilaskenta

Suunnitteluprosessi

Vastuullinen suunnittelu

Tuotantoprosessit

Tutkimusmenetelmät

2. LCA eli elinkaarilaskenta

2.1. Elinkaarilaskennan perusteet

Elinkaarilaskenta eli Life Cycle Assessment (LCA) on yleinen työkalu tuotteen elinkaaren liittyvien ympäristövaikutusten selvittämiseen. Se tehdään määrittelemällä kaikki järjestelmään tulevat tai sieltä poistuvat aine- ja energiavirrat sekä arvioimalla niihin liittyvät päästöt ja muut ympäristövaikutukset. Tutkimusten tulisi sisältää kaikki elinkaaren vaiheet kehdestä hautaan (cradle-to-grave) eli raaka-aineiden tuotanto, valmistus, käyttö ja loppukäsittely (kuvio 1).

Joskus soveltamisala on rajoitetumpi, esim. kehdestä porttiin -tutkimukset (cradle-to-gate), jotka keskittyvät vain tuotantovaiheeseen. Tulokset lasketaan ennalta määritellyssä yksikössä, kuten esimerkiksi kilowattitunneissa tai hiilidioksidiekvivalenteissa (CO₂-q) kilogrammaa tai tonnia tuotetta kohden. LCA voi tuottaa hyödyllistä tietoa erilaisista ympäristövaikutuksista ja niiden suurimmista lähteistä tuotantoprosessin ajalta. (European Commission, 2010)

Elinkaariarvioinnissa on neljä päävaihetta: tavoitteen ja soveltamisalan määrittely, inventaarioanalyysi, vaikutusten arviointi ja tulosten tulkinta. Koko prosessi on interaktiivinen, joten osa myöhemmistä havainnoista voi johtaa muutoksiin edellisissä vaiheissa. (SFS-EN ISO 14040, 2006)

Esimerkiksi, jos uudentyyppinen tieto osoitetaan merkittäväksi, sen vaikutuksen arvio voidaan lisätä alkuperäiseen tavoitteeseen.

Mikäli tutkimus loppuu päästöjen määriin ja resurssien käyttöön, kyse on LCA-tutkimuksesta. Mikäli tästä jatketaan eteenpäin, ja pohditaan esimerkiksi päästöjen vaikutusta ilmastonmuutoksen tai rehevöitymisen vauhdittajana, kyseessä on Life Cycle Impact Assessment (LCIA) -työkalu. (Hokkanen 2020, 24)

Tuotteen koko elinkaaren laaja analysointi ja kokonaisvaltainen lähestymistapa voidaan saavuttaa vain muiden näkökohtien yksinkertaistamisen kustannuksella. LCA ei käsittele paikkakohtaisia riskitekijöitä ja on siksi ymmärrettävä epätäydellisenä järjestelmänä. (Wendin 2016, 17) Menetelmän suurin haaste on sen yksinkertaistava näkökulma, jossa jätetään huomiotta teknologian kehitys, muut kuin laskettavat ympäristövaikutukset, sekä sosiaaliset ja taloudelliset vaikutukset.

LCA:ssa käytetään runsaasti oletuksia, suoraviivaista ajattelua sekä arvopohjaisia valintoja, joita ei voi täysin tieteellisesti todistaa. LCA ei ota kantaa muihin ympäristövaikutuksiin kuin siinä huomioituihin, joten esimerkiksi tekokuitujen aiheuttamat mikro-
muovit vesistöissä jäävät huomioimatta.



Kuvio 1. Tuotannon elinkaari

2.2. ISO-standardit elinkaarilaskennassa

Elinkaarilaskenta sidotaan usein kansainvälisen International Organization for Standardizationin (ISO) standardistoon, ja varsinkin sen kohtiin 14040 ja 14044, joiden avulla voidaan määrittää ja analysoida tuotteen elinkaaren aiheuttamia ympäristövaikutuksia (Klöppfer & Grahl, 2014, 1). ISO 14040 on ympäristöasioiden hallintaan ja elinkaariarviointiin sekä näiden periaatteisiin ja rajoituksiin perustuva standardi (ISO 14040:2006). ISO 14044 taas antaa ohjeistusta vaatimuksista elinkaarilaskennan suorittamiseen. (14040:2006).

ISO 14040 määrittelee LCA:n seuraavasti: LCA tutkii tuotteen ympäristövaikutuksia ja mahdollisia seuraamuksia sille sen koko elinkaaren ajalta (kehdestä hautaan). Laskenta alkaa alkuperäisen materiaalin tuotannosta, sen käsittelystä, tuotteen tuo-

tannosta ja päättyy käyttöön ja lopulliseen hävitykseen. LCA:ssa on otettava huomioon ongelman moninaisuudet, aina ympäristön muutoksen seurauksista paikallisille yhteisöille, resurssien käytön laajuus, inhimillinen terveys. (Klöppfer & Grahl 2014, 1)

SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) on määrittänyt LCA laskennan samankaltaisin määre-in jo vuonna 1993. ISO 14040 on ainoita kansainvälisiä sitovia määritelmiä elinkaarilaskennalle, mikä voi johtaa sen soveltamiseen tilannekohtaisesti. Tämä taas saattaa vaikeuttaa tutkimusten vertailua keskenään, sillä tutkimuksesta riippuen samanlaiselle materiaalille voidaan saada monta eri tulosta riippuen mitä dataa käytetään, miten aihe rajataan ja miten tuloksia tulkitaan (Hokkanen 2020, 26).

2.3. Vaatteen hiilijalanjälki

Hiilijalanjälki on yleisin tapa osoittaa tuotteen tai yrityksen suorat hiilidioksidipäästöt. Se ilmoitetaan yleensä hiilidioksidiekvivalenttina (eng. carbon dioxide equivalent). Syynä on se, ettei hiilidioksidi ole ainoa huomioitava kaasu laskettaessa hiilijalanjälkeä. Hiilidioksidin lisäksi huomioidaan metaani (CH₄), typpioksidi (N₂O), fluorihilivety (HFCs), perfluorihili (PFCs) ja rikkiheksafluoridi (SF₆). Kommunikointia helpottamaan nämä kaasut on yhdistetty termiin hiilidioksidiekvivalentti, sillä ympäristön lämpenemisvaikutus on kaasuilla sama. (Avlonas, N, & Nassos, GP. 2013. 218)

Greenhouse Gas-protokolla (GHG) on yksi useimmiten käytetyistä standardeista hiilijalanjäljen laske-
miseksi. Sen on kehittänyt World Resources Institute yhteistyössä World Business Councilin kanssa vuonna 2010. GHG on suosittu maailmanlaajuisesti, sillä se on helposti yhteensopiva kaikenlaisiin tuotteisiin ja palveluihin ja se perustuu LCA-laskentaan. Hiilijalanjälki ilmaistaan yleensä kasvihuonepäästöinä, joita syntyy tuotteen koko elinkaaren ajalta. Määrä mitataan usein CO₂e päästöinä kilotonnia mitattavaa kohdetta, kuten kuitua, kohden. (Avlonas, N & Nassos. GP. 2013.220.)

Vuonna 2015 tekstiilien tuotanto aiheutti 1200 miljoonaa tonnia kasvihuonepäästöjä (Hokkanen, 2020, 9) Globaalin vaate- ja tekstiiliteollisuuden CO₂-päästöjen on arvioitu nousevan yli 60 % aina 2,8 miljardiin tonniin vuodessa vuoteen 2030 mennessä.

Tekstiiliteollisuus vastaa tutkimuksesta riippuen noin 6–10 % maailman hiilidioksidipäästöistä. Suuri luku johtuu tekstiiliteollisuuden energiantensivisyydestä sekä tuotantomaiden, kuten Kiinan, energiantuotannon saastuttavuudesta. Kiinan energiantuotanto perustuu kivihiileen ja sen vuoksi siellä tuotettujen tuotteiden arvioidaan olevan jopa 40 % suurempi hiilijalanjälki kuin Turkissa tai Euroopassa tuotettujen. (Niinimäki ym. 2020, 192)

Arvioiden mukaan uusiutumattomien raaka-ainesten käyttö valmistuksessa tulisi kasvamaan 98 miljoonasta tonnista (2015) 300 miljoonaa tonniin vuoteen 2050 mennessä, mikäli tekstiilien kiertotaloutta ei saada toimimaan (STJM 2020, 6)

Energiankulutuksen hiilijalanjälki

Tekstiiliteollisuus on energiantensiivinen teollisuudenala. Energiankulutus koetaan yksinkertaisimmaksi osa-alueeksi vaikuttaa tuotannon ympäristövaikutuksiin johtuen tiedon saavutettavuudesta ja muiden hiilijalanjäljen osien monimutkaisuudesta. Toisaalta tuotannon energiankulutus on hyvin vähän tutkittu alue tekstiilisektorilla sen keskittyessä enemmän tuotannon sosiaalisiin ja kuluttajien ostokäyttäytymisen vaikutuksiin (Islam 2016)

Tekstiiliteollisuuden tuotannon ja logistiikan energiankulutus ovat globaalilla tasolla suurimpia huolia kestävän tuotannon saralla. Monet tekstiilintuottajat eivät vielä ole kyenneet luomaan kustannustehokasta tuotantoa johtuen vähäisestä tiedosta tekstiiliteollisuuden energiatehokkuudesta. Tämän selittää tekstiilintuottajien usein pieni tai keskisuuri koko, jota ylläpidetään paikallisilla ja rajallisilla resursseilla. Lisäksi energiankulutus nähdään verrannollisesti pieneksi verrattuna kemia-, metalli-, sementti-, sellu- ja paperintuotantoon. Tekstiiliteollisuus kuluttaa noin 2 % maailman energiantarpeesta, joka vastaa n. 9.0 eksajoulea vuodessa. (Muthu 2015, 34–54) Eksajoulella tarkoitetaan energian määrää, joka vastaa 10 potenssiin 18 joulea.

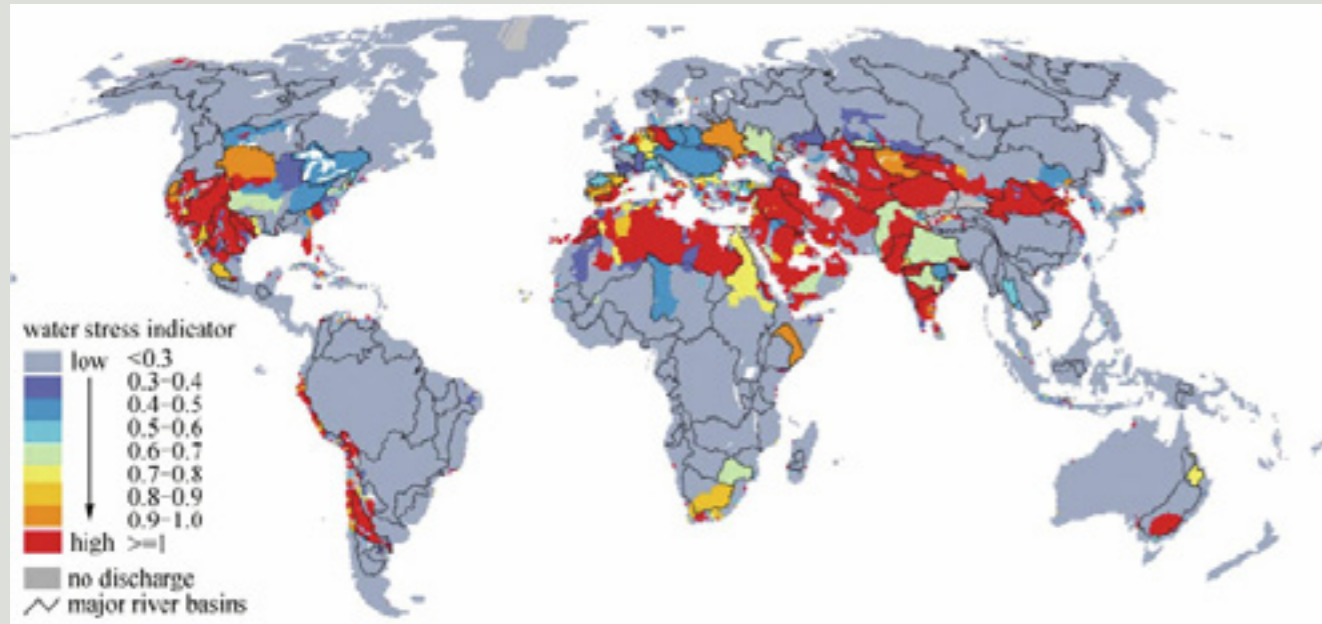
Hiilidioksidipäästöt ovat luonnollinen mutta ei-toivottu sivutuote energian käytöstä. CO₂-päästöjä esiintyy luonnollisesti ilmakehässä osana maapallon hiilikiertoa. Ihmisten kasvava toiminta teollisesta vallankumouksesta alkaen on johtanut CO₂-tasojen dramaattiseen kasvuun ilmakehässä. Energiankulutus on teollistumisen myötä kasvanut räjähdysmäisesti: vuonna

1970 kulutuksen ollessa hieman päälle 200 eksajoulea vuodessa, on nykyinen kulutus yli kaksinkertaistunut 500 eksajouleen vuonna 2010. Samassa ajassa hiilidioksidipäästöt ovat nousseet kaksinkertaisiksi (Muthu 2015, 35).

Intian, yhden maailman suurimmista tekstiilintuottajista, tekstiilisektorin kokonaisenergiankulutusta tutkittaessa havaittiin, että suurin osa energiasta kuluu värjäysprosessissa (25,6 %). Seuraavaksi suurin on synteettisen kuidun tuotanto (21 %) ja kolmanneksi suurin kulutus on langan kehruulla (19,7 %). Synteettisten kuitujen tuotanto on keskimäärin aina energiaa kuluttavampaa kuin luonnonkuitujen. (Sandin 2019, 30–37.)

Tekstiilialan energiantensivisyyden ja energiankulutuksen suuren vaikutuksen alan kokonaispäästöihin voi nähdä myös mahdollisuutena. Kun haasteet voidaan rajata tietylle alueelle, niihin vaikuttaminen muuttuu helpommaksi. Tekstiilien elinkaaren energiankulutusta tarkkailtaessa tuotannon lisäksi käytön aikainen energiankulutus on huomattavan suuri vaikuttaja. Käytön vaiheen kulutuksen vähentäminen on ehdoton edellytys tekstiilialan ympäristövaikutusten pinentämiseen, mutta se on osoittautunut haastavaksi. Siinä puututtaisiin yksilön tapaan huoltaa ja säilöä vaatteitaan. Dataa tästä toiminnasta ei ole kerätty vielä tarpeeksi kattavia tutkimuksia varten, vaan nykyiset tutkimukset perustuvat aina olettamuksiin ja yleistykseen. Tässä opinnäytetyössä käyttö on rajattu pois laskuista juuri sen haasteellisen mitattavuuden ja datan puuttumisen vuoksi. Tämän vuoksi tutkimuksen laskentaa ei voida nähdä täydellisenä elinkaarilaskentana, vaan sen osanan.

2.3. Vaatteen hiilijalanjälki



Kuva 5. Vesistressin taso valtioittain (Haifeng Jia 2014)

Vesijalanjäljen laskenta noudattaa LCA:n perinteistä neliportaista toimintamallia:

1. Asetetaan tavoite ja soveltamisala. Määritetään, mitä ja miten tutkitaan sekä mitä vesijalanjälkeä lasketaan (lasketaanko tuotteen vai sen käytön kulutusta). Lisäksi selvitetään mikä vesityyppi on kyseessä (sininen, vihreä vai harmaa) ja huomioidaan paikallisten vesivarantojen herkkyys.
2. Vedenkulutuksen määrittäminen
3. Vesijalanjäljen ympäristöarvio, ympäristövaikutusten, sosiaalisten ja taloudellisten aspektien arviointi.
4. Vesijalanjäljen vastuullisuusongelman muotoilu. Strategian määrittely.

(Avlonas & Nassos 2013, 228–229)

Vesijalanjälki on A. Y. Hoekstran 2002 kehittämä konsepti, joka käsittää koko tuotteen tai palvelun aiheuttaman vedenkulutuksen. Tärkeintä tuotteen vesijalanjäljen arvioinnissa on selvittää, miten runsaasti se vaikuttaa vesiresursseihin ja niiden saastumiseen sekä kuinka prosessista voitaisiin tehdä kestävämpi vesivarojen näkökulmasta. (Avlonas & Nassos 2013, 227)

Avlonasin ja Nassoksen (2013, 227) vesijalanjälki koostetaan kolmesta osasta: Sinisestä, vihreästä ja harmaasta vedestä. Sininen vesi viittaa veden volyyymiin, joka saadaan maanpäällisistä lähteistä (meri, joet ja järvet) tai maanalaisista lähteistä. Tärkeää on huomioida, että vedenkulutus lasketaan vain, jos vesivarannot eivät palaa alkuperäiseen lähteeseensä tai mereen. Vihreällä vedellä viitataan sadeteeseen, maaperän kosteuteen ja kosteuden haihtumiseen kasveista. Harmaa vesi taas viittaa veden määrään, jolla laimennetaan tuotannossa käytettyjä tai siinä syntyneitä vaarallisia kemikaaleja.

Vesijalanjälki voidaan ilmaista vesimääränä tuotetta (1kpl) kohden tai vesimääränä tuotantoyksikköä kohden (massa, hinta, energiankulutus jne.) Perinteisin tapa ilmaista kulutus on veden kulutuksen määrä kerrottuna ajan määreellä. (Avlonas, N, & Nassos, GP 2013,227) Vedenkulutusta voidaan laskea kuluttajien, yhtiöiden, tuotteiden tai esimerkiksi kokonaisten maiden osalta. Kulutus jaetaan kahteen kategoriaan: joko suoriin ja epäsuoriin vesijalanjälkiin.

Vesijalanjälki auttaa ymmärtämään tuotteen tai palvelun veden käyttöä, sen pilaantumisherkkyyttä, saastumista ja vesivarantojen niukkuutta. Tähän vaikuttaa suorittavan prosessin lisäksi ympäröivä ekosysteemi, sekä maantieteellinen sijainti. (ISO 14046) Maantieteelliset ja ajalliset kysymykset ovat vesijalanjäljessä suuri vaikuttava tekijä. Tällaisia voivat olla esimerkiksi valu-

ma-alueet ja sadannat, ilmasto, sosioekonomiset kysymykset sekä vuodenajan vaihtelun vaikutukset.

Globaali tekstiiliala kulutti noin 79 miljardia kuutiometriä vettä vuonna 2015. Keskimäärin 200 tonnia vettä kuluu yhtä tekstiilitonnia kohden. Tästä suurin osa on arvioitu kuluvan puuvillan tuotantoon sekä märkäprosesseihin, kuten värjäykseen. (Niinimäki ym. 2020, 191.)

Tuotanto- ja viljelyolosuhteet eivät ole maapallolla homogeeniset (Honkanen 2020, 13). Tästä johtuen arviointi on aina tehtävä alueen vedensaataavuutta silmällä pitäen. Kuvan 5 mukaisesti vesistressitasoltaan korkeat maat sijoittuvat hyvin selkeästi päiväntasaajan molemmille puolille sekä Etelä-Amerikan rannikolle. Mistran teettämässä tutkimuksessa (Sandin ym. 2019a), joka pureutui ruotsalaisen tekstiilinkulutuksen ympäristöpäästöihin, otettiin huomioon juuri vedenkulutuksessa Ruotsin ja tuotantomaiden maantieteelliset eroavaisuudet. Samankaltaista erottelua on tehtävä myös Suomessa, sillä maantieteellisen sijainnin ansiosta Suomen luontaiset vesivarannot ovat useita tuotantomaita kestävämpiä. Näin ollen määrällisesti sama vedenkulutus Suomessa ja vesivarannoiltaan herkässä Intiassa eivät ole vertailukelpoiset, vaan niitä tulee arvioida juuri veden saatavuuden näkökulmasta.

Mikäli valitaan vain yksi luokka, esimerkiksi veden kulutus, se tulee yksilöidä veden kulutuksen jalanjälkeenä. Vesijalanjälki kattaa alleen useita vaikutusluokkia (vesistöjen rehevöityminen, ekotoksisuus, veden happamoituminen jne.) Tässä tutkimuksessa keskitytään juuri veden kulutuksen jalanjälkeen, joka onkin hyvä erottaa täydellisestä vesijalanjäljestä juuri edellä mainittujen seikkojen vuoksi. Rajausta on tehty datan saatavuuden vuoksi ja opinnäytetyön kehyksiä ajatellen.

2.5. Vaatteiden tuotantoprosessin ympäristövaikutukset

Vaatteen tuotantoprosessi voi joko positiivisesti tai negatiivisesti vaikuttaa ympäristöön ja yhteisöihin (Mahmood 2020 15, viitattu: Cater & Easton 2011). Eri tekstiilikuitujen ympäristövaikutukset syntyvät hyvin eriävissä kohdissa tuotantoketjua. Ympäristövaikutukset vaihtelevat myös itse kuitutyyppissä etenkin maantieteellisen sijainnin mukaan. Tuotantomenetelmät eivät ole maailmanlaajuisesti homogeeniset, samoin kuin eivät ole energiatuotannon päästöt, veden saatavuus tai ekosysteemien herkkyys. Siksi kuitujen absoluuttinen järjestäminen ympäristövaikutusten mukaan on melko merkityksentöntä, ja sitä vältetään usein tutkimuksissa. (Honkanen 2020, 13) Sen sijaan Sandin ym. (2019b, 45) ehdottavat, että lopullinen ratkaisu olisi kaikkien kuitujen tuotannon optimointi pitäen samalla materiaalivalikoiman riittävän erilaisena mihin tahansa käyttötarkoitukseen.

Kuten kuvio 1 osoittaa, tekstiilien tuotantoketju kattaa kuidun tuotannon, langan kehruun, kankaan tuotannon, erilliset märkäprosessit sekä tuotteen kokoamisen. Märkäprosessit kattavat värjäyksen, printin sekä viimeistelykäsittelyt ja voivat esiintyä missä tahansa vaiheessa tuotantoprosessia (Mahmoodin 2020, 43). Kuitutuotannon valinta saattaa olla helpoin keino pienentää tuotteen ekologista jalanjälkeä, sillä se on yksi ainoista elinkaaren vaiheista, joka on täysin tuottajan käsissä (Honkanen 2020, 12). Shen ja Patel (2008, 2–3) huomauttavat, ettei kankaan käsittelyn energiakäyttö

ole riippuvainen kankaan raaka-aineesta, joten suurin osa eroista syntyy jo kuidun tuotantovaiheessa.

Tekstiilien tuotannossa 8–15 % kaikista kasvihuonepäästöistä syntyy juuri kuitujen tuotannosta. Samassa vaiheessa syntyy myös 93 % tuotannon veden kuluksista (Niinimäki ym. 2020, 5). Näin suuri prosentti johtuu Niinimäen mukaan puuvillan suuresta kasvuvaiheen vedenkulutuksesta ja kyseisen kuidun suuresta käytöstä tekstiiliteollisuudessa.

Toistaiseksi eniten tietoa on saatavilla tekstiilikuitujen suorista ilmastovaikutuksista. Tämä johtuu siitä, että kasvihuonekaasupäästöjä on helppo verrata maailmanlaajuisesti ja ilmastomuutos on hyvin yleisesti havaittu ympäristöongelma. GWP eli ilmaston lämpenemispotentiaalin analysoinnin suurin rajoitus on maaperän orgaanisen hiilen ja muiden luonnollisten hiilinielujen tai -lähteiden poissulkeminen. Niitä on vaikea arvioida nykyisen tiedon perusteella, mutta määrä voi olla merkittävä varsinkin biopohjaisten kuitujen osalta.

Tekstiilituote itsessään voi toimia hiilidioksidin varastona. Esimerkiksi luonnonkuiduista valmistettu vaate sitoo itseensä kuidun kasvuvaiheessa siihen sitoutuneen hiilidioksidin. Asianmukainen kierrätys pitäisi tämän hiilidioksidin sitoutuneena, vähentäisi hiilijalanjälkeä tai jopa tekisi siitä negatiivisen. Tällä hetkellä varastoitunut hiili vapautuu tekstiilin lyhyen käyttöiän lopussa. (Honkanen, 2020, 21)

2.6. Tuotantoprosessin hotspotit

Eri tekstiilikuitujen ympäristövaikutukset syntyvät hyvin eriävissä kohdissa tuotantoketjua. Jotta suurimmat vaikuttajat löydetään, seulotaan tuotantoprosessi läpi mahdollisista elinkaaren hotspoteista. Hotspotit ovat elinkaaren vaiheita, jotka aiheuttavat keskimäärin isoimman kulutuksen tai vaikutuksen ympäristölle. Näitä kohtia arvioidaan sitten säästömahdollisuuksien mukaan. (Muthu 2015. 48)

Synteettisten kuitujen, kuten polyesterin, nylonin ja akryylin, tuotanto on hyvin energiaa vievää. Yhtä kilogrammaa synteettisiä kuituja kohden tarvitaan noin 28 kWh energiaa. Verrannollisesti puuvillan kasvatukseen käytetyn veden vaikutukset ovat 2–24 m³ yhtä kilogrammaa kuituja kohden. Selluloosakuitujen päästöt sijaitsevat jossakin tässä välissä, ja tuotannossa mahdollisesti käytetään vaarallisia kemikaaleja kuten hiilisulfiidia. (Muthu ym. 2012, 3; Sandin ym. 2019, 30–36) Tämä vaikeuttaa sen ekologisimman valinnan löytämistä, sillä kuitujen toisiinsa arviointi täytyy aina suhteuttaa tilanteeseen sekä tuotteen vaatimuksiin. Hotspottien paikantaminen on elinkaarilaskennassa yksi oleellisimmista vaiheista, sillä sen avulla mahdolliset muutokset tuotannossa voidaan kohdistaa sen kohtiin, joissa vaikutus ympäristölle on suurin.



Kuvio 2. Vaatteen tuotantoprosessi

3. Valittujen materiaalien analyysi



Kuva 6. Voglian editorial (Sanna Lehto 2020)

3.1. Yhteistyöyritys VOGLIA

Voglia on 1983 perustettu perheyritys, joka on toiminut nykyisellä sijainnillaan Lammilla vuodesta 1986 lähtien. Yritystä johtaa perustajasuvun kolmas sukupolvi. Yritys työllistää Suomessa 19 työntekijää ja sillä on neljä liikettä. Yrityksen oma pääasiallinen tehdas sijaitsee Viron Vörussa, jossa työskentelee 10 henkilöä ja tuotetaan 72% tuotannosta. Voglian muu tuotanto sijaitsee pääasiassa EU:n alueella, kuten Virossa ja Latviassa, mutta osa tuotannosta sijaistee logistisista tai tuotannollisista syistä myös muualla. Esimerkiksi takkeja ja neuleita valmistetaan Kiinassa sekä farkkuja Turkissa. (Kristiina Virtanen 2021)

Yrityksen suunnittelijat toimivat freelancer-suunnittelijoina. Mallikappaleiden valmistus, työhjeet sekä yrityksen valmiiden vaatteiden varasto toimivat edelleen Lammilla. Kankaat saapuvat säilöön Viron tehtaalle, jossa sijaitsee myös leikkaamo. Voglia on suorittanut hiilijalanjälkilaskennan Suomen Tekstiili ja Muoti ry:n (STJM) työkalun avulla. Sen avulla huomattiin, että yrityksen suurin päästöjen aiheuttaja on tekstiilien

tuotanto. Toiseksi suurin hiilijalanjälki syntyi tekstiilien käytön ja huollon aikana. (Kristiina Virtanen 2021) Voglialla pyritään hiilineutraalisuuteen vuoteen 2030 mennessä parantamalla materiaalien ekologisuutta, tuotantoketjujen paikallisuutta sekä kehittämällä tilausten ennakoitavuutta, jotta ylimääräiseltä tuotannolta vältytään.

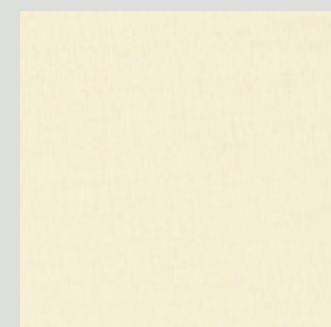
Voglialla on aiemmin annettu suunnittelijoille varsin vapaat kädet, mutta nykyään suunnittelua ohjataan antamalla suunnittelijoille raamit, jotka noudattavat yrityksen tulevia tavoitteita. Vastuullisuus on selkein raamitus, jonka yritys pyrkii uuden vastuullisuusstrategiansa kanssa asettamaan myös suunnittelijoita ohjaavaksi. Päästöjen mittaaminen nähdään tärkeänä yrityksen tavoitteiden saavuttamisen kannalta sekä avoimen raportoinnin takaamiseksi.

Tässä opinnäytetyössä Voglia toimii kangassponsorina sekä tutkimuksen esimerkkiyrityksenä. Yritys tarjosi myös kaiken saatavilla olevan tietonsa kankaistaan, jotta tutkimus voitaisiin tehdä mahdollisimman kattavasti ja laadukkaasti.

3.2. Tutkimuksessa käytettävät materiaalit

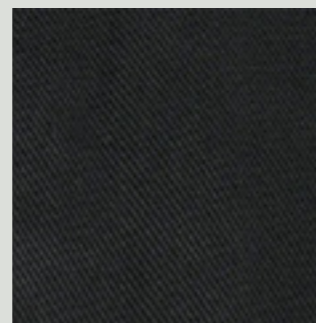
Tässä opinnäytetyössä keskitytään kolmeen kangastyyppiin: villaan, viskoosiin ja puuvilla-polyesteri-sekoitukseen. Materiaalit ovat ylijäämäateriaalia yhteistyöyrittäjä Voglialta ja ne saatiin lahjoituksena osaksi tutkimusta. Materiaalit valittiin saatavuuden ja tarpeen mukaan: pyrkimyksenä oli hyödyntää materiaalia, jonka kaltaista tullaan edelleen hyödyntämään tuotannossa. Näin ollen laskennan tulosta voidaan hyödyntää osaltaan ohjaamaan Voglian omaa tulevaisuuden työskentelyä.

VOGLIAN viskoosi: Neulos 92 % Viskoosi (CV), 8 % Elastaani (EL), OEKO-TEX - Standardi Neuloksen valmistus Liettua 270 g/m² Viskoosi Indonesiasta, havupuun sellu. Pakaita

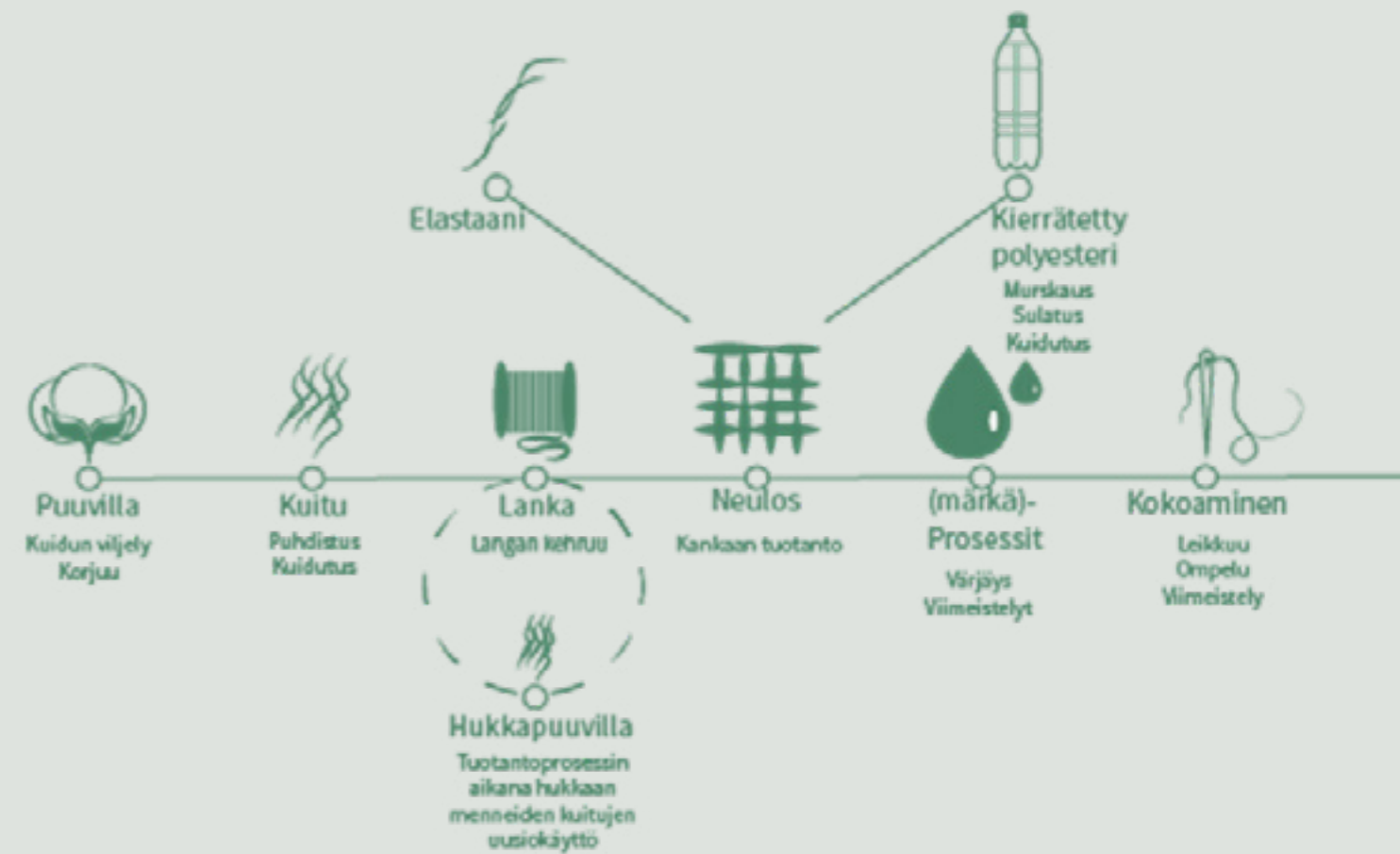


VOGLIAN villa: neulos 100 % villaa. mulesing free, interlock, hienous 19,5 µ – 250g/m² Neuloksen valmistus Suomi-Orneule

VOGLIAN puuvilla-polyesteri farkku: 44 % puuvilla, 25 % uudelleenkäytetty puuvilla (RUC), 28 % kierrätetty polyesteri (RCP), 3 % elastaani. 250g/m² Valmistus Turkki ISKO



Puuvilla- polyesteri farkku



Kuvio 3. ISKO:n R-Two farkkukankaan valmistusprosessi (kaavio mukailtu ISKO)

Voglia käyttää farkkukankaanaan turkkilaisen ISKO Denim -merkin farkkukankaita. Yritys on kehittänyt R-TWO menetelmän, jossa he yhdistelevät uusiokäytettyä puuvillaa ja kierrätettyä polyesteria. Puuvillan kuidutusprosesseissa noin 10 % kuidusta päätyy hukkaan. ISKON kumppaniyhtiön Sanko kerää tuon hukkapuuvillan takaisin prosessiin, jolloin se ei päädy jätteeksi ja siitä syntyy yrityksen sanojen mukaan uusiokäytettyä puuvillaa. Kuvion 3 osoittamalla tavalla puuvillaan lisätään sitten kierrätetty polyesteri ja elastaani.

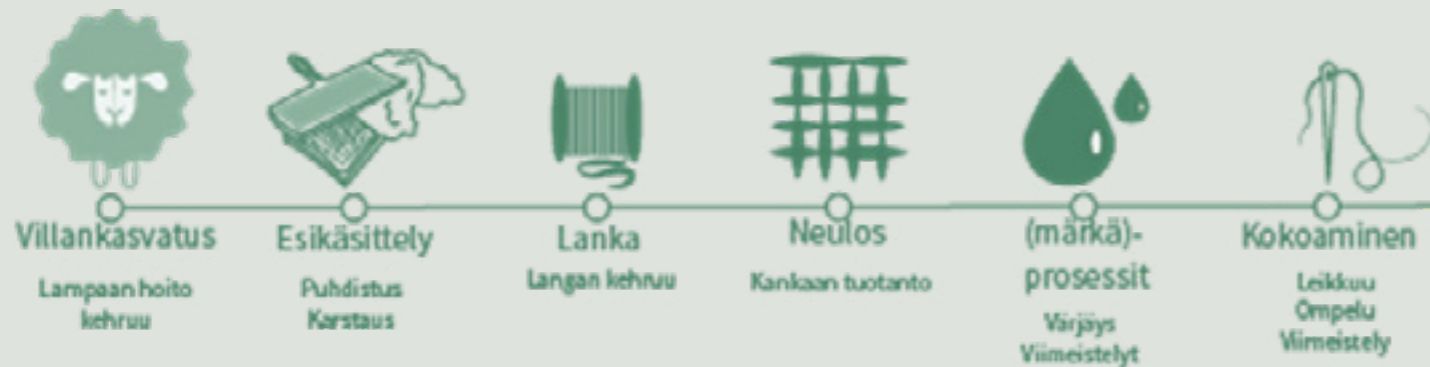
Villa

Villalla tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä lampaan lämmikkeeseen ja suojakseen kasvatamaa karvaa. Lampaiden kasvatuksessa tuotetaan usein lihaa, jonka ohella saadaan villaa, nahkaa ja maitoa. Kansainvälisen villatekstiiliorganisaation (IWTO 2018) mukaan noin 1.177 miljardia lammasta tuotti noin 1.155 miljoonaa kilogrammaa puhdasta villaa vuonna 2018. Villan tyypistäminen yhdeksi tuotteeksi on käytännössä mahdotonta, sillä maailmanlaajuisesti erilaisia lammaslajeja on noin 500 ja näiden tuottama villa eroaa väriltään, tekstuuriltaan ja pituudeltaan maakohtaisien ja paikallisen ympäristön vaikutuksesta.

Villaa keritään yleensä noin kerran vuodessa, useimmiten kevät- ja kesäkuukausina. Keritsemisen yhteydessä erilaiset villa-laadut testataan ja erotellaan. Villa käsittää noin 1,2 % maailman tekstiilimarkkinoista (IWTO. 2018). Raakavillaan viitataan usein termillä ihvivilla (greasy wool). Termi viittaa villan tuotantoketjun alun likaan ja rasvaan, joka poistetaan, jotta saadaan puhdasta villaa punnitsemista varten. Tiivistetysti villan

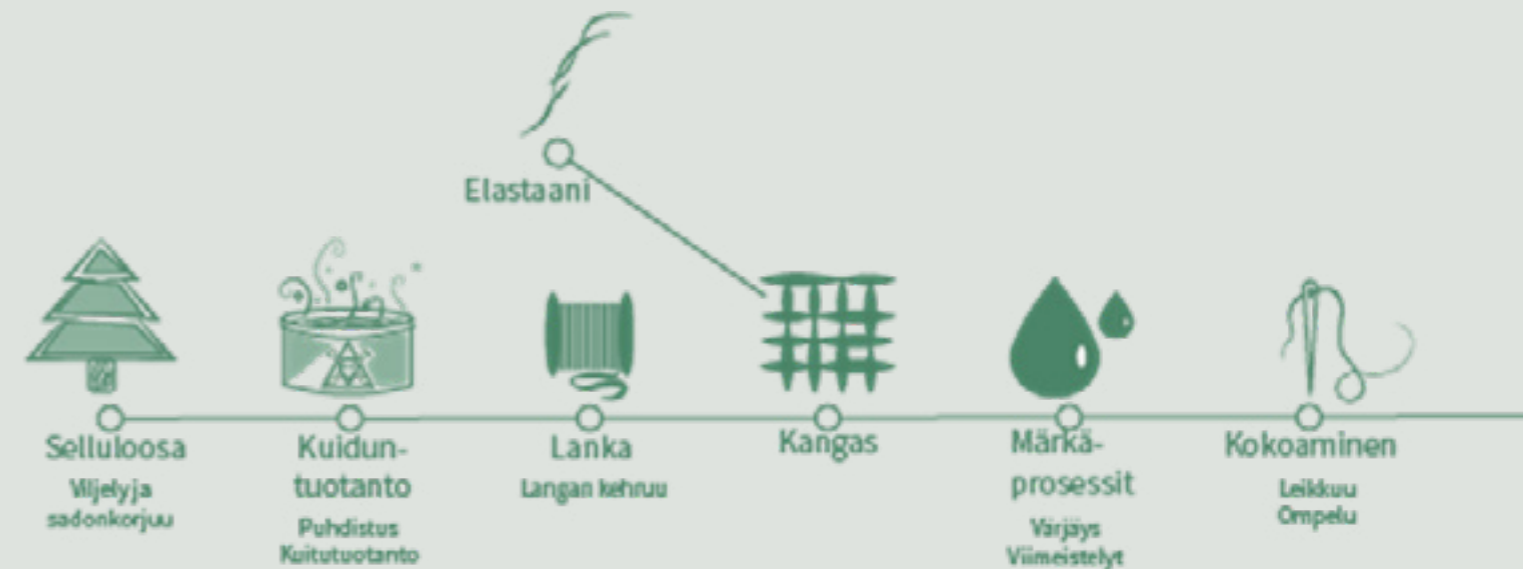
tuotantoprosessi etenee puhdistuksesta perinteiseen kehruuseen, kudontaan ja neulontaan ja lopulta valmiiksi villatuotteeksi (Kuvio 4).

IWTO:n mukaan raakavillan tuotanto lammastiloilla tuottaa noin puolet villantuotannon kasvihuonepäästöistä. Suurin kasvihuonepäästö on metaani, jota syntyy lampaan ruuansulatuksen sivutuotteena. Muita tuotantovaiheita keskimääräiselle konepestävälle villapuserolle ovat kehruu, karstausta, kutistumisen esto, värjäys, langan kehruu, neulonta, viimeistely ja vaatteiden valmistaminen (Wood, 2010; Wiedemann ym. 2020) Metaanikaasut hallitsevat alkutuotannon kasvihuonepäästöjä, kun taas hiilidioksidipäästöjä syntyy eniten tuotantovaiheessa fossiilisten polttoaineiden takia (Sandin ym. 2019b, 28–29). Kuitutuotantovaiheen energiankulutuksesta vain 12 % kuluu maatalan energiankulutuksesta. Loput kulutuksesta tulee lannoitteiden ja tuholaistorjunnan tuotannossa (Devaux. 2019, 29) Kuvion 4 osoittamalla tavalla huomataan, että villan tuotantoprosessi seuraa alkutuotannon jälkeen hyvin perinteistä kaavaa.



kuvio 4. Villan tuotantoprosessi, (kuvio mukailtu IWTO 2019)

Viskoosi



Kuvio 5. Viskoosin tuotantoprosessi (Kuvio mukailtu Aso 2019)

Viskoosi on valkaistu selluloosamuuntokuitu, jota tuotetaan kasviperäisistä lähteistä kuten eukalyptus- ja koivupuusta. Prosessissa käytetään natriumhydroksidia ja hiilidisulfidia. Syntyvä liete puristetaan kehruuputken reikien läpi kehruualtaaseen, jossa on yleensä rikkihappoa, natriumsulfaattia ja sinkkisulfaattia. Prosessista muodostuu filamenttikuituja, jotka leikataan katkokuiduksi, mikä pestään, kuivataan ja paalataan. (Eriksson 2015, 10–12) Erilaisia selluloosamuuntokuituja tuotettiin vuonna 2017 noin 7 miljoonaa tonnia. (Aso 2020, 3) Voglian viskoosiin lisätään joustavuutta lisäämään elastaania, jota lopullisessa kankaassa on 8% (kuvio 4).

3.3. Voglian materiaalien Hotspotit

Hotspotit eli tuotannon ympäristön kannalta vaikuttavimmat tuotantokohdat ovat Voglian kolmessa materiaalissa hyvin erilaiset. Tämä johtuu materiaalien koostumuksien erosta sekä eriävistä tuotantomaista. Esimerkiksi villakankaan tuotantoprosessi eroaa runsaasti muuntokuidun kuten viskoosin tuotantoprosessista.

Villan kohdalla selkeästi suurin vaikutus on kuiduntuotannolla. Lampaan märehimisestä syntyvät metaanikaasut aiheuttavat jopa 75 % villakuidun sisältämistä päästöistä. Nämä päästöt ovat yleensä 1.7–36.2 kg CO₂ ekvivalenttia per kilogramma kuitua ja suora vedenkulutus 27–54 m². (Sandin ym. 2019b, 18–19)

Viskoosin vaikutus varioi runsaasti tuotannon sijainnin ja -prosessin mukaan. Suurin vaikutus on selumassan tuotantoon vaadittava maa-alueen muokaus ja puiden hakkuun mukana menetettävät hiilinielut. Indonesian sademetsien, joista Voglian viskoosi on peräisin, tilanne on erityisen tukala. Metsien kato on mittava ja alueen kaadettujen metsien tilalle perustetaan eukalyptusviljelmiä korvaamaan alkuperäistä ekosysteemiä. (Schultz & Suresh 2017, 57) Myös viskoosin tuotanto ja siihen vaadittavat kemikaalit ovat suuria päästöjen lähteitä, sekä kuluttavat runsaasti vettä.

Puuvillakuidun selkeästi suurimmat ympäristövaikutukset syntyvät kuitutuotannon aikana. Vettä kuluu sijainnista ja prosessista riippuen muutamasta kuutiometrissä jopa 24 m³ (Sandin ym. 2019b, 31). Uusiokäytetty puuvilla voidaan nähdä tuotannosta luonnollisesti katoavan virran palautuksena, jolloin sen voidaan ajatella olevan päästöiltään nolla.

Polyesterikuitujen kokonaistuotannon (katkokuilu tai filamentti) energiankulutus on noin 25-35 kWh /kg. Polyesterikuitujen laskennallinen ilmastovaiikutus on 1,7–4,5 kg CO₂-ekvivalenttia kuitukiloa kohden. (Sandin ym. 2019b, 36)



Kuva 7. Editorial (Emil Ratilainen 2022)



4. Tutkimuksen laskenta

4.1. Tutkimuksen laskennallinen yksikkö ja raja

Laskenta suoritetaan sen tiedon valossa, mitä opinnäytetyön rajallisen kehyksen puitteissa oli kohtuullista kerätä. Voglialta saatiin elinkaaritiedon lisäksi heidän primääridataansa muun muassa Viron tehtaantantomuodosta ja energiasekoituksesta. Energia tulee tehtaalle Viron energiantuotannon energiasekoituksesta.

Sekundääridatana eli toissijaisina tiedonlähteinä toimivat alan tutkimukset ja tietopankit, kuten Ecoinvent 3.6 sekä tutkimuksien koosteet, joissa hyödynnetään muita datapankkeja. Ecoinvent 3.6 on maksullisen lisenssin takana oleva tietopankki, mutta tutkimuksessa käytetty tieto oli jo osin kerätty FINIX-hankkeessa työstettävän LCIM-elinkaaridatatyökalun datankeruun yhteydessä. LCIM on tällä hetkellä hankkeessa aktiivisena oleva projekti, jossa elinkaarilaskentaa liitetään osaksi tekstiilituotteen elinkaaridatan hallintatyökalua (Finix 2019-2022). Ideamat datapankin tietoa oli käytetty Sandin ym. (2019a) tutkimuksessa ruotsalaisten tekstiilinkulutuksesta. Näistä koostetut laskentataulukot olivat saatavilla tutkimuksen yhteydessä.

Tutkimuksessa jätetään huomiotta kuljetuksesta syntyvät vaikutukset. Tämä johtuu siitä, että elinkaarilaskennassa jätetään arvioimatta kaikki, jonka vaikutus jää alle prosentin

kokonaistuotannon vaikutuksiin. Itsessään rahtiliikenne on valtava saastuttaja, mutta kun sen päästöjä verrataan yksittäiseen tuotteeseen tai kg:n tuotetta, sen vaikutus jää hyvin vähäiseksi. Tämän aiheuttaa oletettavasti rahtien valtava koko ja suhteessa vaatteiden kevyt paino.

Perinteisessä LCA:ssa laskentaa seuraa vaikutuksen arviointi, mutta opinnäytetyön rajauksen vuoksi se on jätetty arvioimatta. Tällöin vaikutuksen arvioinnissa arvo muunnetaan ilmaston lämpenemiskapasiteetiksi.

Kulutukset ja vaikutukset eli sisään- ja ulostulovirrat ilmaistiin yhden vaateen tai tuotteen toiminnallisen yksikölle. Laskennassa käytettiin määrää 1 kg kuvaamaan samansuuruisen määrän kuitua, kangasta tai tuotetta vaikutusta energian- tai vedenkulutukseen sekä sen tuottama hiilidioksidipäästö. Lopuksi saatu summa muunnetaan verrannolliseksi valmiin tuotteen kilogrammapainoon.

Toiminnalliset yksiköt laskennassa

Energiankulutus: 1 kg / kWh
Hiilidioksidipäästöt 1 kg / 1 kg / CO₂-q
Vedenkulutus: 1 kg / m² H₂O

4.2. Kankaiden laskenta

Kankaiden laskenta suoritettiin laskentataulukolla mukailien Mistra Future Fashionin 2019 teettämää tutkimusta ruotsalaisten tekstiilinkulutuksesta (Sandin ym. 2019a). Tutkimuksessa tutkittiin ruotsalaisen keskimääräisen tekstiilinkulutuksen aiheuttamia ympäristövaikutuksia. Siinä tutkittiin kuuden esimerkkituotteen kautta, miten keskimääräinen kulutus Ruotsissa tuottaa esimerkiksi hiilidioksidipäästöjä koko elinkaarensa aikana alkutuotannosta käyttöön.

4.2.1. Voglian viskoosikankaan laskenta

Viskoosikuidun tuotannon hiilidioksidipäästöt sekä vedenkulutus on kerätty Ecoinvent 3.6-tietopankista. Kuidun alkuperämaa on Indonesia. Schultzi ja Sureshi (2017) tutkivat tutkimuksessaan kymmentä erilaista selluloosakuidun tuotantoskenaariota, joissa sijainti ja alkuperä vaihtelee. Heidän kolmannessa viskoosintuotantojen skenaariossaan: "Kiinalainen tuotanto indonesialaisen sademetsän sellumassasta" osuttiin hyvin lähelle Voglian viskoosikankaan ominaisuuksia ja tämän vuoksi sitä voitiin käyttää tässä tutkimuksessa. Laskenta suoritettiin Exel-laskennalla (liite 2).

Kuidun itsensä tuotanto ja langan valmistus ei ole spesifioitu ennakkotiedoissa, joten tässä tutkimuksessa oletetaan sen tapahtuneen todennäköisimmin Kiinassa. Energian kulutus Indonesiassa (sellumassa) ja Kiinassa (kuitutuotanto) on mallinnettu Ecoinvent 3.1-datapankin kokonaisenergiankulutus olisi noin 10,28 kWh/1 kg kuitua ja 0,310m³ vettä. Hiilidioksidipäästöjä koko tuotanto tuottaa Ecoinvent 3.6 datapankin mukaan 3,21 kg CO₂-q per kg kuitua, jossa mukana on oletettavasti hakkuun aiheuttamat sekä kemikaalien tuotannon hiilidioksidipäästöt.

Langantuotannossa denierillä (den) eli langan paksuudella on merkitys ener-

giankulutukseen. Sandin ym. (2019a, 41) sekä Babelin ym. (2019) tutkimuksissa luonnonkuitujen langankehruuta verrataan viskoosiin, joten samaa olettamusta voidaan käyttää myös tässä tutkimuksessa. Langanpaksuudeksi oletetaan 270 den, jonka energiankulutus on 3.30 kWh/ kg (Larsen ym. 2007, 223). Toisessa tutkimuksessa langan kuitukoostumuksen vaikutus energiankulutukseen nähtiin paksuutta merkittävämmäksi tekijäksi. Hasanbeigin ja Pricen (2012) tutkimuksessa luonnonkuitujen ja selluloosakuitujen energiankulutus neulottavan kankaan langalle laskettiin 3,06 kWh. Luvut ovat hyvin lähellä toisiaan, joten niiden pohjalta kulutukseksi voidaan päätellä tässä tutkimuksessa niiden keskiarvo 3,15 kWh. Vedenkulutuksen arvo nähdään Babelin ym (2019,36) tutkimuksessa mitätöimänä langantuotannon kohdalla, joten se jätetään tässäkin tutkimuksessa tyhjäksi. Materiaalihukkaa syntyy arviolta vain noin 0.5 % johtuen viskoosilangan luonteesta (Sandin ym. 2019a).

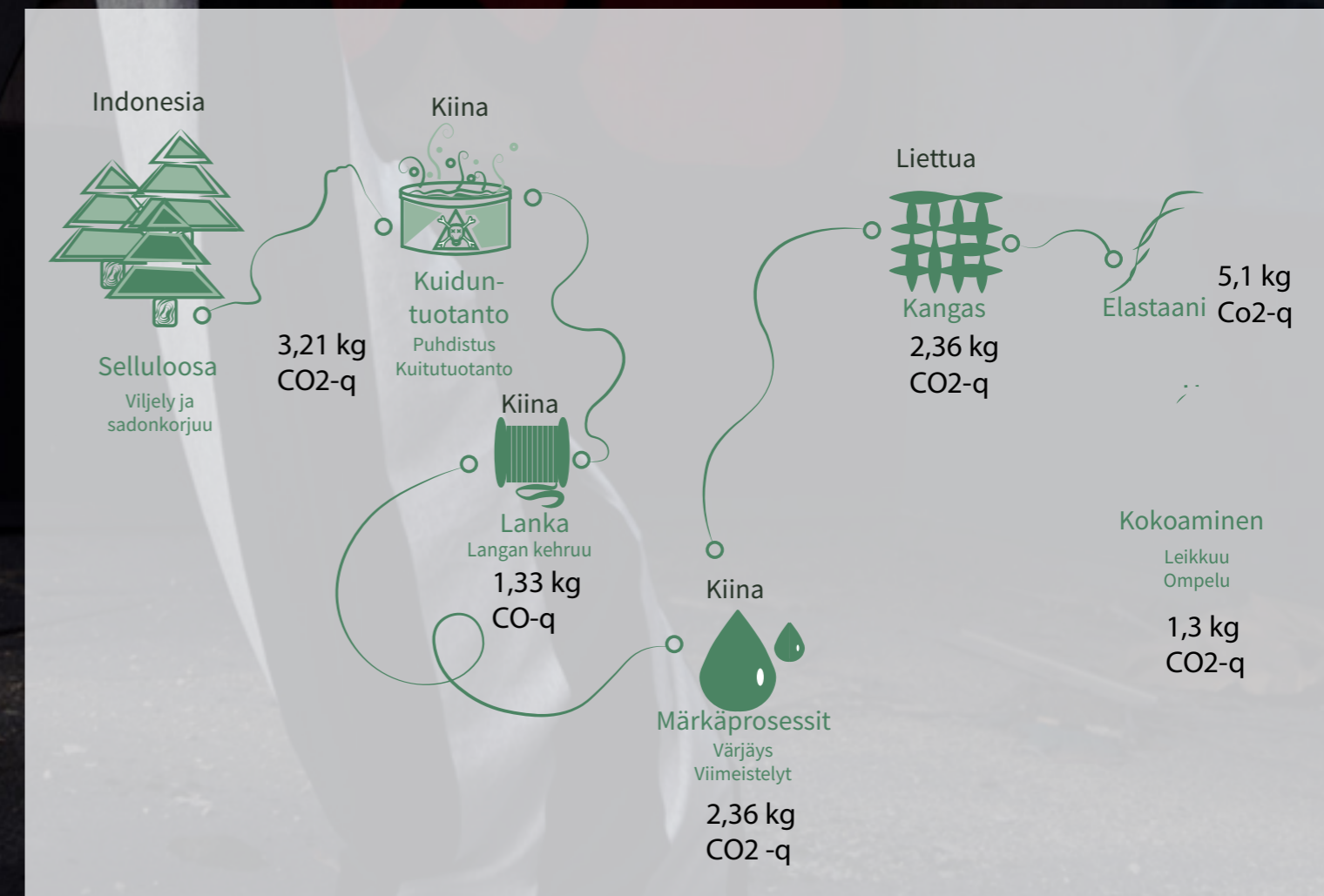
Voglian viskoosikangas sisältää 8 % elastaania. Elastaani on synteettinen, öljypohjainen kuitu, jota käytetään sen joustavuuden takia muiden kuitujen kanssa lisäämään kankaan joustavuutta. Elastaanikuidun tuotanto kuluttaa Ideamat-datapankin mukaan 1,5 kwh energiaa sekä 0,023 m³

vettä/ 1kg. Tämä tuotantovaihe aiheuttaa 5,1 CO₂-q. Elastaanilangan tuotannon päästöihin käytettiin synteettisen langan tuotannon energiankulutusta, joka on 3,06kwh per kg lankaa (Badel ym. 2019, 36)

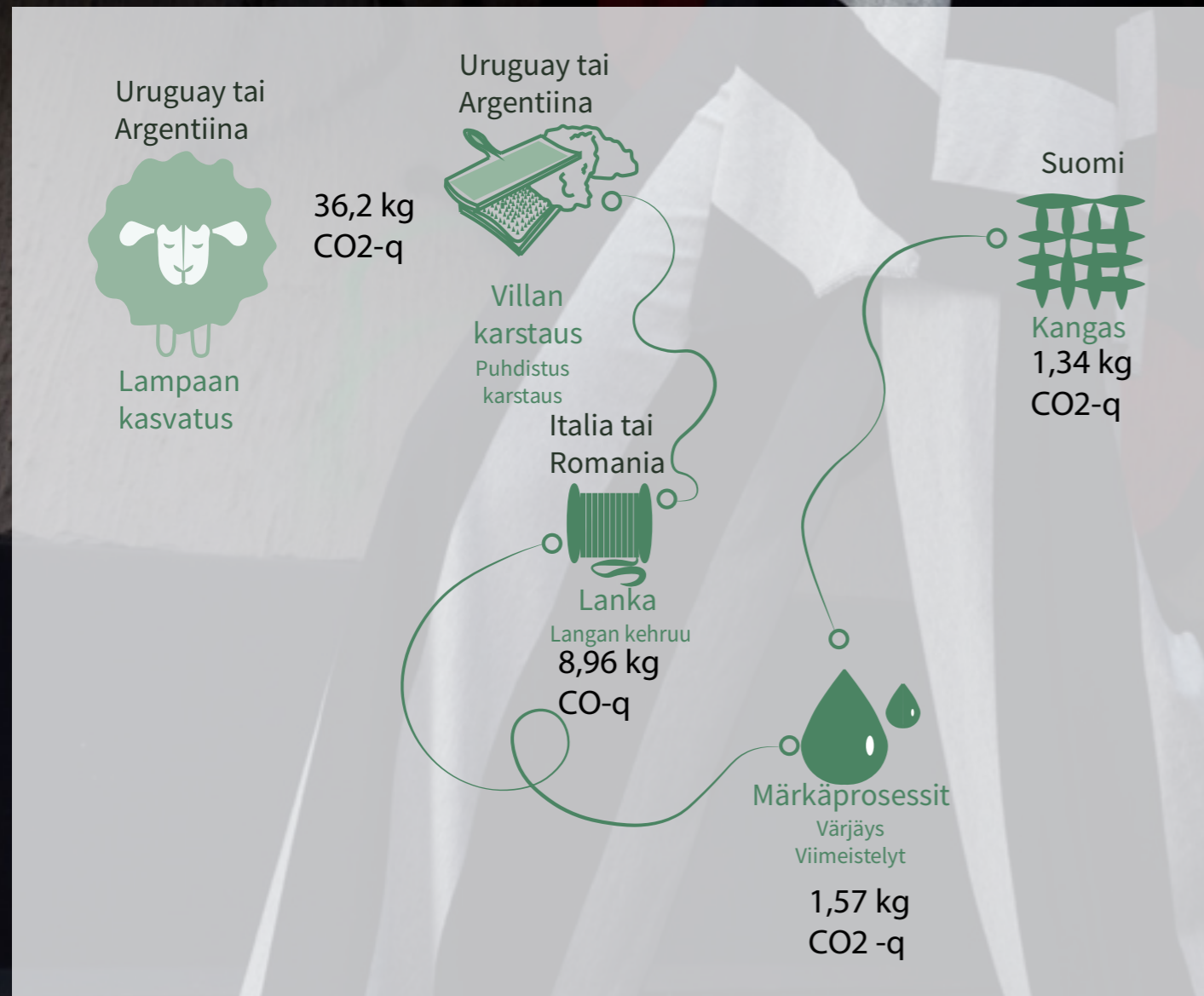
Märkäprosessi eli valkaisu, värjäys, printti ja viimeistely voidaan suorittaa sekä kuidulle, langalle että kankaalle. Voglian viskoosi on raitakangas, jolloin voidaan olettaa sen koostuvan kahdesta erivärisestä langasta. Langan värjäys vie Sandin ym. (2019a, 50.) mukaan noin 0.7 kwh energiaa sekä 30 MJ lämmitykseen per kg lankaa. Ecoinvent 3.6-datapankin mukaan langan värjäys aiheuttaa 2,36 CO₂-q ja kuluttaa 0,137 m³ vettä. 1 kilogramman trikookangasta tuottaminen kuluttaisi keskimäärin noin 1,22 kwh energiaa ja 0,005m³ vettä. Päästöjä tämä prosessi tuottaisi 1,3 CO₂-q. (Ideamat)

Yhteensä:

19,91 kwh, 0,165 m³ vettä, 10,07 CO₂-q/ kilogramma kangasta (kuvio 6.)



Kuvio 6. Voglian viskoosin tuotantoprosessi ja tuotantokohtainen hiilijalanjälki



Kuvio 7. Voglian villan tuotantoprosessi ja tuotantokohtainen hiilijalanjälki

4.2.2. Voglian villakankaan laskenta

Villa on haastava kuitu LCA:n näkökulmasta, sillä lopputulokseen vaikuttaa suuresti, nähdäänkö villa lihatuotannon sivutuotteena vai tuotettavana kuituna. Kun moni tuote, kuten tässä tapauksessa lampaan villa, liha ja maito, jakaa saman prosessin eli lampaan kasvatuksen, jakoperusteiden valinnalla on suuri vaikutus LCA-laskennan lopputulokseen. Syntyvät päästöt lampaiden kasvatuksessa ovat samat riippumatta siitä, mihin lopputuotteeseen pääasiassa pyritään.

Mikäli tutkitaan pelkästään villan LCA:ta, on päästöihin huomioitava lampaan kasvatuksen muutkin tuotteet. ISO 14044 (2006) standardin mukaan on suositeltavaa käyttää biofyysistä vertailua taloudellisen arvottamisen sijaan. Biofyysisellä vertailulla tarkoitetaan lampaassa olevien proteiinien jakautumisen vertailua lihan ja villan välillä. Tällaisella määrittelyllä ehkäistään yleensä villan LCA-laskennassa tapahtuvaa suurta vaihtelua. (IWTO 2021)

Voglian villakankaan villan tuotantoa on joko Uruguay tai Argentiina. Brocksin ym. (2013) tekemässä tutkimuksessa villan tuotannon päästöistä he toteavat villantuotannon Walesissa tuottavan noin 24.9 CO₂-q päästöjä per kg 19 um paksuista villakuitua. Mikäli päästöt jaetaan taloudellisella näkökulmalla eli tuotteen markkinahinnan mukaan lihalle asetetaan enemmän tuotannossa syntyneitä päästöjä. Tämä johtunee lihan markkina-arvosta ja sen ensisijaisuudesta tuotannossa villaan verrattuna. Biofyysisessä vertailussa villan osuus päästöistä on tutkimuksesta riippuen 19–40 % kun taas taloudellisessa se vaihtelee 1–52 % välillä (Muthu. 2015, 228.) Suuren vaihtelun vuoksi tulokset voivat vaihdella tutkimuksesta toiseen. Tässä

tutkimuksessa käytetty Brocksin ym. (2013) tuottama tutkimus on vain yksi monista lampaanvillaa koskevista tutkimuksista. Riippuen testin tekotavasta, tekijästä ja käytetyistä yksiköistä tulokset saattavat vaihdella tutkimusten välillä.

Villalangan tuotannosta ei kyetty löytämään luotettavaa elinkaaritutkimusta. Aallon tutkijatohtori Sheenam Jainin (2021) mukaan villalangan tuotantoprosessi muistuttaa muiden luonnonkuitujen langantuotantoa, joten siihen kerättyä dataa voidaan käyttää tässä tutkimuksessa. Hasanbeigin ja Pricen (2012) tutkimuksessa luonnonkuitujen ja selluloosakuitujen energiankulutus neulottavan kankaan langalle laskettiin 3,06 kWh kg lankaa kohden. Langan kehraminen yleisimmällä eli rengaskehrulla tuottaa puuvillalle Ecoinvent 3.6-datapankin mukaan 8,96 kg CO₂-q päästöjä ja vie 5,65 m³ vettä.

Voglian villakangas on suomalaisen Orneuleen Orivedellä neulomaa Interlock neulosta. Van den Velderin ym. (2012) tuotaman datakonaisuuden mukaan interlock-neuloksen tuotanto kuluttaa 0,35kWh energiaa ja tuottaa Simapro-datapankin (Sandin ym. 2019b) mukaan 1,34 kg CO₂-q hiilidioksidipäästöjä. Luonnonvalkoisen kankaan kohdalla on vaikea päätellä, millainen värjäys kankaalle on tehty, mutta oletettavasti jokin viimeistely on tuotettu. Ideamat 2012 datapankin mukaan väristä ja materiaalista riippumatta värjäykseen kuluu 9,033 kWh ja 1m² vettä. Päästöjä prosessista syntyy 1,57 CO₂-q (Sandin ym. 2019b). Laskenta suoritettiin Exel- laskennalla (liite 3).

Yhteensä:

12,443 kwh, 5,65 m³ vettä ja 48,07 CO₂-q/ kilogramma kangasta (kuvio 7)

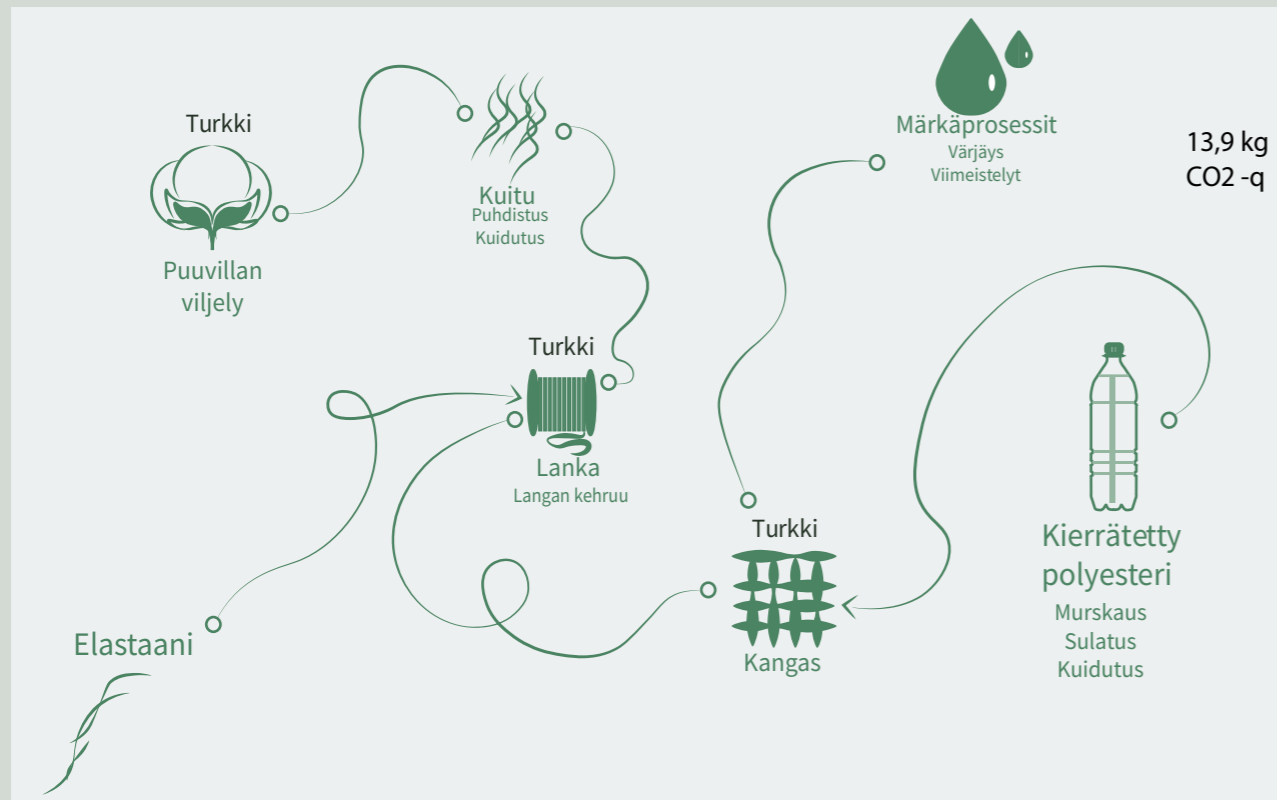
4.2.3. Voglian Puuvilla- Polyester -farkkukankaan laskenta

Voglian farkkukangas PK4846 Stay Black R-TWO sisältää 44 % puuvillaa, 25 % uudelleenkäytettyä puuvillaa (RUC), 28 % kierätettyä polyesteria (RCP), 3 % elastaania. Tutkittava farkkukangas on LCA:n näkökulmasta haastava, sillä sen prosessi on kokonaan ISKO:n rakentama ja se sisältää monia yksityiskohtia, joihin ei voi yleistä dataa käyttää. ISKO on valmistajana suhteellisen avoin omasta prosessistaan ja on suorittanut useille kankailleen sekä tuotteilleen LCA-laskennan. Täydellisen tuloksen saamiseksi heidän laskelmansa tulisi vertaisarvioida, mutta tämän opinnäytetyön laajuuden vuoksi työssä hyödynnetään heidän tuloksiaan kankaan tuotannosta ja tuotteen valmistuksesta. Laskenta suoritettiin Excel-laskennalla (liite 1).

Voglian käyttämän kankaan koostumusta vastaavan kankaan laskentaa ei ollut saatavilla, mutta tuote NZ-286211 (49,91 % kierrätettyä polyesteria; 26,7 % puuvillaa;

19,42 % uusiokäytettyä puuvillaa ja 3,97 % elastaania) on koostumukseltaan varsin lähellä tutkittavaa farkkumateriaalia ja siksi käytettävissä tässä tutkimuksessa. ISKO:n tilaamassa tutkimuksessa (Environdec 2021, 6) tutkimuskohde oli 282 g painavat farkut, mutta data mallinetaan tämän tutkimuksen laskennassa koskemaan yhtä kilogrammaa kangasta. ISKO:n tuottaman tutkimuksen perusteella ISKO:n farkkukankaan tuotanto tuottaisi energiankulutuksen, maankäytön ja biologisten prosessien jälkeen 14.29 kg co2 päästöjä. Uusiutumaton energiaa kuluu noin 65,92 kWh yhtä kg kangasta kohden. Vedenkulutus farkkukankaan tuotannossa on noin 0,730 m3. Tämä vedenkulutus vaikuttaa puuvillan normaalikulutukseen nähden pieneltä, mutta voi olla seurausta uusiokäytetyn puuvillan käytöstä.

Yhteensä:
65,92 kwh, 0,74 m3 vettä ja 13,9 CO2-q/
kilogramma kangasta (kuvio 8)



Kuvio 8. Voglian farkkukankaan tuotantoprosessi ja tuotantokohtainen hiilijalanjälki



Kuva 9. Editoriaal (Emil Ratilainen 2022)

4.3. Malliston laskenta

Laskenta toteutettiin malliston kolmelle asukokonaisuudelle. Seuraaville tuotteille tehtiin laskenta: kolme paitaa, kahdet housut, yhdet shortsit, kaksi kypärämyssyä, liivi ja säärystimet. Laskenta toteutettiin hyödyntämällä Badelin ym. (2019) laskentataulukkoa, jossa laskettiin tuotteen koostamiseen tarvittava energiankulutus. Laskennassa oletetaan tuotannon olevan standardituotantoa ompelimosassa, jossa kukin tuote tehdään ainakin suurimmalta osin alusta loppuun yhden ompelijan toimesta. Sheenam Jainin (2021) mukaan tämän vastakohta on linjastomainen tuotanto, jossa kukin linjaston osa suorittaa yhden tuotannon vaiheen useammalle samanlaiselle tuotteelle.

Tuotanto sijoitetaan tutkimuksessa tapahtuvaksi Voglian Vörun tehtaalla, jossa tuotanto noudattaa mainittua kaavaa. Näin ollen sähkönkulutuksen hiilidioksidiekvi-

valenttien arviointiin käytetään Euroopan Komission tiedonjakoa Viron alueen energiankulutuksen päästökertoimista. (Koffin ym. 2017, 12) Tiedonjaon mukaan Viron alueen päästökerroin LCA-laskentaan on 2,017 vuodelta 2013, mikä on viimeisin tiedossa oleva vuosi. Verrannollisesti Suomen kerroin energiankulutuksen hiilidioksidipäästöihin vuonna 2013 oli 0,206.

Suuri päästökerroin johtuu Viron alueen sähkön seurannan mukaan siitä, että sen pääasiainen (>90%) sähköntuotanto koostuu uusiutumattomista energialähteistä kuten kivihielestä. (Ritchie ym 2020) Laskenta suoritettiin punnitsemalla valmiin tuotteen paino ja kertomalla aiemmin saadut arvot tällä. Esimerkiksi viskoosikankaasta tehty paita painoi 0,632kg. Kankaan tuotannon (kuidusta kankaaksi) energiankulutus, hiilidioksidipäästöt ja vedenkulutus muutettiin kilogrammasta vastaamaan

tuotteen painoa. Näin saatiin tietoon tuotteen materiaalimäärää vastaavat sisään- ja ulostulovirrat.

Vaatteen tuotannon vaikutuksiin käytetty laskentataulukko sisälsi tuotteen mallin, esimerkiksi t-paita, sen energiankulutuksen ja vedenkulutuksen, sekä kuinka paljon leikkuujätettä sen tuotannosta prosentuaalisesti syntyy. Tässä yksiköt muunnettiin vastaamaan yhtä grammaa ja sitten takaisin vastaamaan tuotteen painoa. Leikkuujätteen määrä tulisi lisätä tuotteen painoon normaalilanteessa, mutta koska tuote on rakennettu muiden tuotteiden leikkuujätteestä tämä voitiin jättää tekemättä.

Vaatteen kokoamisen hiilidioksidipäästöt laskettiin hyödyntämällä Viron alueen energian seurannan päästökerrointa. Vedenkulutus saatiin suoraan datapankista.



Kuva 11. Laskettava paita

Viskoosipaidan laskenta

Paidan kulutus laskettiin punnitsemalla ensin paidan paino. Sitten laskennan arvot muunnettiin kilogrammasta vastaamaan tuotteen painoa. Kuvion 9 osoittamalla tavalla muunnetut arvot asetettiin sitten laskentaan yhdessä vaatteiden kokoamisen kulutuksen ja -vaikutusten kanssa. Tutkimuksessa aiemmin mainitusti kuljetusten päästöt jätettiin laskennassa huomiotta liian pienen vaikutuksen takia.

Yksikkö	kankaan tuotanto	Tuotteen kokoaminen	Yhteensä
KW/h	12,58	1,15	13,73
CO2-q	6,364	2,32	8,194
H2O m2	0,104	-	0,104

Taulukko 1. Viskoosipaidan tuotannon kulutuslaskennat.



Kuva 10. Laskettavat asukokonaisuudet

Laskennan lopputulos tuotekohtaisesti

Tuote	Paino/kg	KW/h	H2O/kg	C02-q	Leikkujäte %
Paita 1	0,632	1,15	0,084	2,320	0
Paita 2	0,782	1,42	0,104	2,864	0
Paita 3	0,191	0,39	0,025	0,787	13
Farkut	0,413	0,29	0,055	0,585	14
Huppu	0,254	0,52	0,034	1,049	13
Shortsit	0,186	0,17	0,025	0,343	15
Toppaliivi	1,278	1,278	0,170	2,578	0
Vyö	0,14				20
Kypärämy	0,042	0,015	0,006	0,030	18
Kypärämy	0,064	0,02	0,009	0,040	0
Takki	1,379	2,52	0,183	5,083	0
Säärystin	0,276	0,08	0,037	0,161	10
Hanskat	0,09	0,0018	0,012	0,004	18
Huosut	0,432	0,0007	0,057	0,001	14

Taulukko 2. Laskenta suoritettiin loppuun Excel -taulukolla (Liite 4).



Kuva 11. Tuotteiden laskenta



Kuva 12. Tuotteiden laskenta

Laskenta suoritettiin tutkimuksessa viimeisenä, sillä se vaati tuotteiden tarkan grammapainon. Teollisuudessa grammapaino olisi ollut aiemmin tiedossa, jolloin laskenta oltaisiin voitu sijoittaa aiemmaksi ja hyödyntää jo esimerkiksi prototypointivaiheessa. Toisaalta mallisto voidaan nähdä prototyyppinä, josta kerätyn tiedon pohjalta voitaisiin tuottaa todennetusti ympäristöstölle vastuullisempi mallisto. Kuvan 11 ja 12 mukaisesti tuotteet punnittiin yksi kerrallaan ja grammapaino kirjattiin ylös. Tämän jälkeen jokainen tuote kerrottiin tuotetyyppikohtaisella energiankulutuskertoimellaan, joka saatiin Barelin ym (2019) tutkimuksesta. Hiilidioksidipäästöt saatiin kertomalla kulutus Viron alueen energianseurannan päästökertoimella. Laskennan lopputulokseen vaikutti oletettavasti eniten tuotteen paino. Kankaasta riippumatta painavin tuote, kuten farkkutakki, tuotti eniten hiilidioksidipäästöjä. Oletettavasti sama olisi tapahtunut,

vaikka tuote olisi ollut valmistettu esimerkiksi viskoosista.

Tutkimuksessa selvisi, että tuotantomäärällä on hyvin suuri vaikutus energiankulutuksen hiilidioksidipäästöihin. Eettisen ja verrattain paikallisen tuotannon takaava Viro piilottaa taaksensa hyvinkin epäekologisen sähkösekoituksen. Näin ollen, mikäli tuotanto on suurivolyymista ja vaatteiden kokonaisuuden halutaan edelleen tuottaa Virossa, on mietittävä vaihtoehtoja. Tällaisia voisivat olla esimerkiksi tehtaan avustaminen aurinkopaneelien asentamiseen, johon Voglian Kristiina Virtanen myös viittasi haastattelussa. (Virtanen 2021)

Laskenta antoi paljon ennakoimattomia tietoja ja näkökulmia tuotteiden suunnitteluun. Tutkimuksen jatkoa ajatellen olisi mielenkiintoista ottaa jokainen tuote tarkempaan tarkasteluun ja pohtia, voisiko jokin suunnittelullinen ratkaisu vaikuttaa tuotteen päästöjen sekä kulutuksen pienentymiseen.

4.4. Elinkaarilaskennan analyysi

Laskenta oli opinnäytetyön haastavimpia, mutta myös omalla tavallaan antoisimpia osuuksia. Sitä suoritettaessa joutui yhä uudestaan palaamaan tiedonkeruuseen. Samalla oli hyväksyttävä osan datan puutteellisuus ja yleistämisen tarve. Vaikka Voglialla oli tarjota kattavasti elinkaaritietoa laskentaa varten, joudutaan myös tämän tutkimuksen datankeruussa silti tyytymään yleistyksiin. Tämä heikentää laskennan tarkkuutta. Datan laajempi ja helpompi saatavuus olisi edesauttanut laskentaa ja tehnyt siitä luotettavampaa. Laskenta onnistui mielestäni hyvin ottaen huomioon lähteiden rajallisen saatavuuden. Tämä kertoo siitä, että tutkimuksia aiheesta on tuotettu monipuolisesti, vaikkakin niiden vertailu keskenään oli eri allokointimenetelmien takia mahdotonta. Näissä tilanteissa laskennassa oli tyydyttävä omaan arvioon tutkimusten ja datan yhteensopivuudesta keskenään. Oman epävarmuutensa loi datapankkien kuten Ecoinventin tiedot, jotka ovat vertaisarvioituja ja yleisesti hyvin luotettuja lähteitä mutta jättävät lähdetietonsa käyttäjältä pimentoon.

Laskennassa selvisi, että verrattaessa toisiinsa vain laskennasta syntyviä arvoja saadaan kuva, jossa viskoosi olisi materiaaleista ympäristön kannalta paras ja villa huonoin. Tietenkään asia ei ole näin yksinkertainen ja vaatii laajempaa tarkastelua. Tällainen laskenta ei huomioi esimerkiksi villaan sitoutunutta hiilidioksidia tai sitä, miten villaa usein käytetään laadukkaampiin ja pitkäikäisempiin tuotteisiin sen hinnan vuoksi, joka pidentää sen käyttöaikaa. R-Two farkkukankaan energiakulutus on runsaasti korkeampi kuin muiden kankaiden, mikä johtuu oletettavasti polyesterin energiain-

tensiivisyydestä. Hiilidioksidipäästöt ovat toisaalta joukon pienimmät, joka johtuneet uusiokäytetyistä ja kierrätetyistä materiaaleista. Viskoosikangas on laskennan mukaan joukon ympäristövastuullisin. Tässä huomaa kuitenkin LCA:n paradoksaalisuuden: Sandin ym. (2019b, 35) mukaan muuntokuitu, kuten viskoosi, voi olla ilmaston kannalta joko paras tai huonoin valinta riippuen esimerkiksi puun alkuperästä, energian muodosta ja kemikaalien tuotantomaasta. Tällainen yleistävä tutkimus, jossa ei saada tarkkoja lukuja vaan joudutaan tyytymään datapankkien tietoihin, ei anna mahdollisuutta vertailla esimerkiksi eri tavalla tuotettuja viskooseja keskenään.

On myös hyvin haastavaa ja osin epämieliekästä verrata keskenään tuotantoprosesseja kuiduista, joiden alkuperä ja käyttötarkoitus on niin erilainen. Mikäli esimerkiksi puuvillaa ja villaa vertaa keskenään vastuullisuusnäkökulmasta pelkästään siinä syntyvien päästöjen ja vedenkulutuksen perusteella, ei voi jättää vertailun ulkopuolelle siihen suoraan liitännäisiä asioita. Näitä voivat olla esimerkiksi loppukäyttäjän käyttötarkoituksen, eliniän, kierrätettävyyden sekä sosiaalisten tekijöiden tuomat vaikutukset ja eläinten- ja ihmisten hyvinvointivaikuttavat tekijät. Tämä oli toki tunnistettu jo ennen tutkimusta, joten se ei tullut yllätyksenä. Kuitenkin tämän vuoksi materiaalien keskinäinen vertailu on jätettävä omaan arvoonsa ja sen tuloksia on ymmärrettävä vain yhtenä totuutena.

Tutkimus jättää ulkopuolelle myös suurimman osan vaatteiden elinkaaresta eli käytön ajan. Käyttötottumuksien vaikutukset tuotteen eliniän ja sen aiheuttamiin päästöihin kattavat helposti jopa kaksi kolmasosaa tuotteen elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista. Tutkimuksen

rajaus johtuu tiedon saatavuuden lisäksi suunnittelijanäkökulmasta: kun keskitytään suunnittelijan kykyyn vaikuttaa tuotteensa ympäristövaikutuksiin, on tällä vajanaiset mahdollisuudet vaikuttaa tuotteen huoltoon ja säilöntään käytön aikana. Suunnittelija voi suunnitella pitkäikäisen ja helppohoitoisen tuotteen, mutta mikäli käyttäjä heittää sen pois muutaman käytön jälkeen, moninkertaistuvat elinajan ympäristövaikutukset suhteessa eliniän. Toki tällaiseen voidaan vaikuttaa kohdekuluttajien tuntemuksella ja suunnittelemalla käytettävyyden näkökulmasta. Kuitenkin elinkaarlaskennan näkökulmasta suunnittelijan roolista vaikutusmahdollisuudet sijoittuvat vielä tällä hetkellä pääosin tuotantovaiheeseen.

Tässä mallistossa elinkaaridata itsessään ei vaikuta mallistoon, vaan mallisto on osoitus tekniikan toimivuudesta suunnitteluvaiheessa. Koska mallistoa ei tulla sarjatuottamaan, laskenta saattaa näyttää tarpeettomalta ensisilmäyksellä, sillä sen lopputulos ei vaikuta malliston rakentamiseen. Kuitenkin, mikäli tekniikkaa toteutettaisiin teollisuudessa mallistoani voisi verrata suunnitteluvaiheen prototyyppiin, joita tuotetaan yksittäiset kappaleet. Nämä prototyytit toimivat teollisuudessa muutenkin

testiversioina vaatteiden funktionaalisuuden, ulkonäön ja laadun takeena ennen kuin itse laajempi tuotanto aloitetaan. Tässä kohtaa laskenta voisi myös auttaa antamaan omaa suuntaansa siihen, kannattaako tuotteen laajamittaisempi tuotanto ympäristön ja yrityksen vastuullisuustavoitteiden kannalta.

Tutkimukseni perusteella elinkaarlaskentaa voi käyttää vastuullista suunnittelua ohjaavana työkaluna, mutta vain mikäli sitä hyödyntää henkilö, jolla on keskimääräistä parempi ymmärrys vastuullisuudesta ja tekstiilien tuotantoketjuista. Näen työkalussa paljon hyötyä sen vastatessa yhteen haasteeseen vastuullisessa suunnittelussa: tiedon puutteeseen. Mikäli tietoa tuotannon vaikutuksista voidaan kerätä jo suunnittelu- prosessin aikana, se itsessään mahdollistaa ympäristön kannalta parempien vaihtoehtojen valinnan. Kuitenkin tutkimuksessa korostuu suunnittelijan oma kyseenalaistamisen ja yleisen tiedon tarve, sillä laskennasta syntyvää dataa on kyettävä vertailemaan muihin tuotteen ulottuvuuksiin. LCA ei ota kantaa tuotteen pitkäikäisyyteen tai käytettävyyteen, jotka tunnustettuja vaatimuksia vastuulliselle vaatteelle. LCA on suunnittelu- työssä hyvä renki, mutta huono isäntä.

Vertailu	Koostumus	Paino	Määrä	KW/h	H2O/m3	CO2-q	Huomiot
R-Two	44%CO, 25%RUC, 28%RCP, 3%EL	270g	1 kg	65,919	0,708	14,73	Suurin energiakulutus
Viskoosi	92%CV, 8%EL	270g	1 kg	19,91	0,476	24,44	Verrattain korkeat CO2 päästöt
Villa	100 %	250g	1 kg	12,443	5,65	48,07	Suurin vedenkulutus. Suuret alkutuotannon CO2 päästöt

4.5. Suunnittelijan vastuu

Nykypäivän muoti noudattaa lineaarista järjestelmää, jossa tuotantoa seuraa kulutus ja hävittäminen. Tällaisessa järjestelmässä suunnittelijoiden vastuu rajoittuu usein tyyliin, laatuun ja valmistusvaiheisiin (Karell & Niinimäki 2019, 998.). Vastuun laajuus riippuu yrityksestä, jolle suunnittelija työskentelee. Yrityksen strategian tulee perustua vastuullisuuteen ja toiminnan edistää tätä, jotta suunnittelijalla voidaan katsoa olevan mahdollisuuksia vaikuttaa suunniteltavien tuotteiden vastuullisuuteen (Ruokamo & Uunimäki 2021, 7).

Voglian henkilöstö- ja laatujohtaja Kristiina Virtanen (2021) kuvailee yrityksenä kehitteillä olevan vastuullisuusstrategian ohjaavan paljon suunnittelutyötä. Suunnittelijalle annetaan raamit, joiden sisällä heillä on vapaat kädet, mutta vastuullisuusstrategia rajaa toimintaa. Strategia sisältää muun muassa materiaalien arvoittaminen vastuullisuuden mukaan, hiilineutraalisuuden edistämisen sekä pitkäikäisyyden ja kestävyys. Virtanen kuvaa vastuullisuuden olevan Voglian yksi suurimpia ohjaavia tekijöitä ja siksi näiden arvojen halutaan ohjaavan suunnittelua.

Vaikutusmahdollisuuksien rinnalla myös tiedon saannin vaikeus ja tekstiilialalle tyypillinen nopea muutos vaikeuttavat vas-

tuullista suunnittelua. Suunnittelijan tulee olla tietoinen alan alati muuttuvista uusista metodeista ja tutkimuksista. Virtanen näkee Voglian vastuullisuuden kulmakivenä juuri henkilökunnan koulutuksen.

Suomen ympäristökeskus SYKE:n erikoistutkija Susanna Horn (2022) toteaa tutkimuksien osoittavan, että päätöksentekoa toteutetaan edelleen yhtä lailla niin sanotulla mututuntumalla kuin tietoon ja dataan perustuen. (Horn 2022) Tällainen oletuksilla ja yleistyksillä ohjautuvuus on varsin ymmärrettävää monimuotoisella tekstiilialalla, jossa tiedon ja datan yhdistäminen käytännön tekemiseen ja alan hiljaiseen tietoon voi olla haastavaa. Tätä tukee Karellin ja Niinimäen (2019, 1001) toteamus juuri tiedonpuutteesta suurimpana kiertotalouden estäjänä.

Vaikkei tässä tutkimuksessa pureuduta suoranaisesti kiertotalouteen, näen kiertotalouden mukaisessa suunnittelussa paljon yhtäläisyyksiä elinkaarilaskennan mukaisen suunnittelun kanssa. Kummassakin suunnittelijalla tulee olla runsaasti pohjatietoa ja kykyä ymmärtää alan hämähäkkiverkomaista tuotantopolkua sekä jatkuvasti esille nousevaa uutta tietoa.

4.6. Elinkaarilaskenta suunnittelustrategiana

Suunnittelustrategia on suunnittelijan työtä joko tietoisesti tai tiedostamattomasti ohjaava tausta-ajatus tai työkalu. Suunnittelustrategioita käytetään varsinkin vastuullisen vaatesuunnittelun edistämiseksi tuomaan parempia tai uusia vaihtoehtoja tuotteen ympäristövaikutusten pienentämiseksi. Tällaisia strategioita ovat muun muassa leikkuujätteetön suunnittelu (Zero Waste) ja purettavuuden suunnittelu. (Gwilt 2011, 69) Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on osin tutkia elinkaarilaskennan mahdollisuuksia toimia tällaisena suunnittelustrategiana. Kate Flecherin (2011, 170) mukaan viime vuosikymmenten suurin muutos vastuullisessa suunnitteluajattelussa on syntynyt juuri elinkaariajattelun myötä. Ajattelussa materiaaliymmärryksen lisäksi pyritään huomioimaan koko tuotantoketju kuidun alkupe-
räästä prosesseihin ja elinkaaren loppuun asti.

Vaatesuunnittelijoilla on tapana nähdä vastuullisuus jälkikäteen tuotteeseen tai suunnitteluun lisättävänä osana, ja vastuullisten suunnittelustrategioiden sisällyttäminen itse suunnitteluvaiheeseen ei ole yleisesti käytettyä (Gwilt 2011, 69). Gwilt näkee elinkaarta laskevat työkalut suunnittelijaa hyödyttävinä osina vähentämään negatiivisia ympäristövaikutuksia tuotteen tuotannon ja käytön ajalta. Flecherin (2011, 170) mukaan elinkaariajattelu edistää ymmärrystä ympä-

röivistä systeemeistä, talouden rakenteesta, kaiken keskinäisistä suhteista ja lopulta näiden kaikkien yhteydestä ja vaikutuksesta toisiinsa.

Elinkaarilaskentaa hyödyntävien työkalujen käytöstä osana suunnittelua on myös varjopuolia: aloitteleva suunnittelija voi nähdä vastuullisuuden täydennyksenä sen sijaan, että se olisi yksi tärkeä osa suunnittelu-prosessia (Gwilt 2011, 69). Muutenkin Gwiltin näkemys tekstiilin päästöjä ja kulutusta laskevia työkaluja, kuten LCA:ta, hyödyntävään suunnitteluun on varsin pessimistinen, sillä hän näkee laskentatyökalujen sulkevan suunnittelijan osaksi jo toimimatonta systeemiä, missä ei ole tilaa luovalle uudistavalle suunnittelulle. Toisaalta hän korostaa luovien vastuullisten suunnittelustrategioiden yhdistelyä ja joustavaa käyttöä keskenään.

Elinkaarilaskentalähtöisen suunnittelun voisi nähdä toimivana strategiana osana muita vastuullisia strategioita, varsinkin silloin kun sitä hyödyntävä suunnittelija omaa laajan pohjatiedon vastuullisuudesta ja vaatteen tuotantoprosesseista. Yhdyn Gwiltin (2011, 69) näkemukseen laskentatyökalujen vahingollisesta prosessien yksinkertaistamisesta. Tämänkaltaiset yleispätevät laskentajärjestelmät, kuten LCA, ovat helposti mustavalkoisia ja ne pitää huomioida vain apuvälineenä, ei johtavana strategiana.

5. Suunnittelutyö

5.1. Opinnäytetyön malliston taustat

Mallisto on naisten perinteisen kaavoituksen mukaan toteutettu sesongiton minimalistinen. Kohderyhmää ei ole määritelty, koska toivon käyttäjäryhmänä toimivan kaikki vaatteiden ja tekstiilituotteiden kuluttajat. Kuka tahansa jota estetiikkani miellyttää ja tekstiilien arvokeskustelu kiinnostaa, voi tuotteitani käyttää. Malliston ohella suoritettu laskenta pohjautuu Voglian naistenvaatemerkin materiaaleihin ja heidän tarjoamaansa tuotantoprosessitietoon. Mallisto on kuitenkin itsenäinen kokonaisuus ja se ei ole suunniteltu Voglialle.

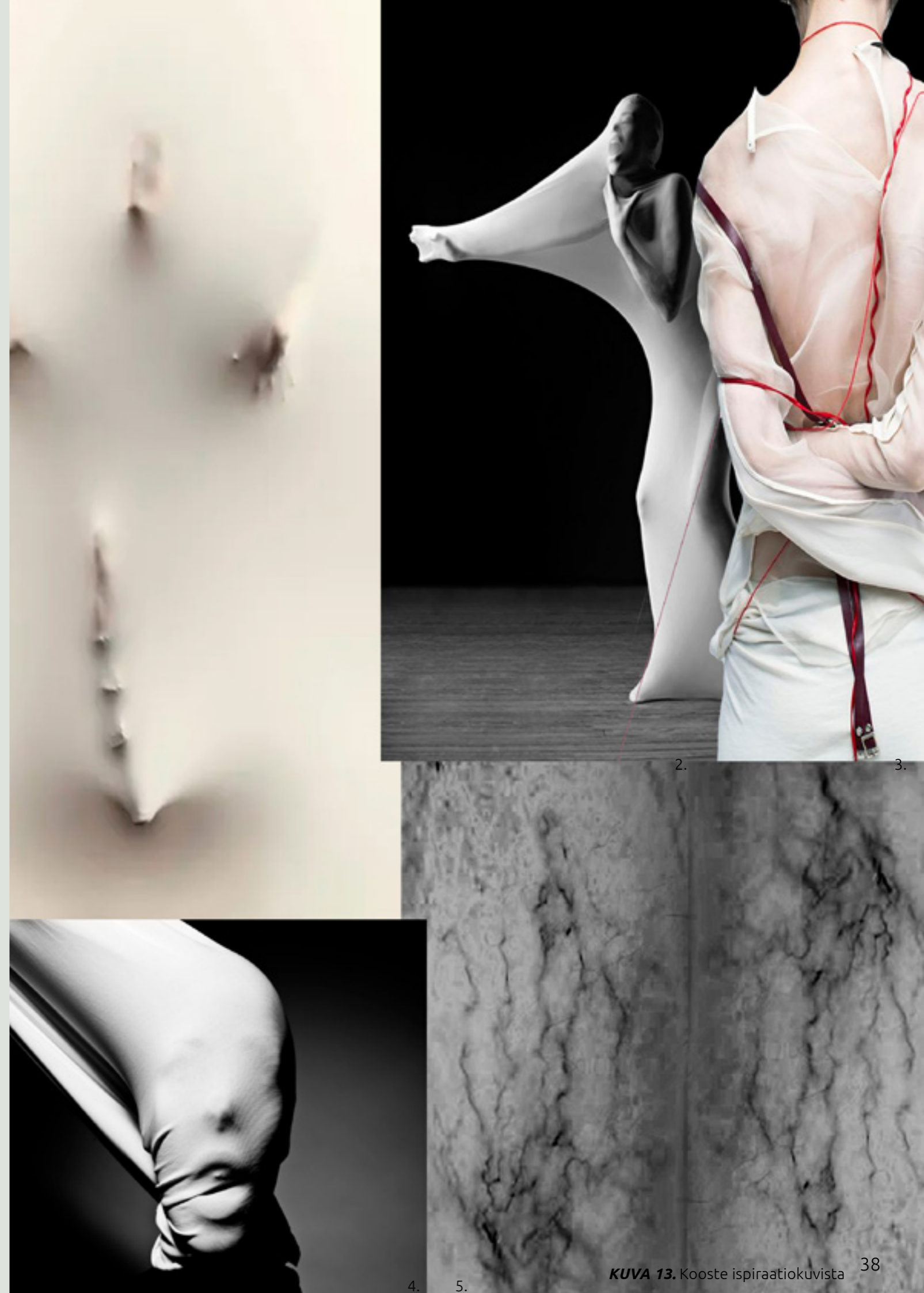
Visuaalisena inspiraationa mallistossa toimii ihon painaumat ja "virheet". Sukan resorin aiheuttama painauma jalassa, arvet ja normaali venymä, kaikki tämä näkyy ihossa ja näyttää eletyn elämän. Iho näyttää elämänvaiheita ja sen vaikeat ja upeat hetket herkemmin kuin haluaisimme. Venynyt, virttynyt tai kulunut vaate on vanha ja käytökelvoton, mutta miksi? Miksei siinäkin saisi olla elämän jälkiä, jotka tekevät siitä mielenkiintoisen?

Itseäni on aina kiehtonut japanilainen taiteenlaji nimeltä Kintsugi, jossa rikkoutunut posliinastia korjataan kultaamalla särön täyte. Siinä niin sanottu virhe korostetaan uniikiksi osaksi tuotetta, joka muistuttaa käyttäjänsä mahdollisesti hetkestä, kun

tuote on mennyt rikki. (Traditional Kioto) Kyseessä voi olla tunteenpurkaus, huolimattomuus, väsymys tai onnen hetki. Mikä syy olikaan, se on nyt ikuistettu kullalla posliiniin. Samoin ihmisen arvet, rypyt ja venymät ikuistavat iholle tarinaa elämän hetkistä. Arpi lapsuuden metsäleikeistä, rusketusraja laskettelulaseista ja hymyrypyt silmäkulmissa.

Tätä ideologiaa haluan pitää mallistoni taustalla. Vaikka materiaalit ovat uusia, pyrin muotoilemaan ne kestämään aikaa ja korjattaviksi niin, että korjaus saa myös näkyä. Materiaaleja venytetään, rypistetään, leikataan ja revitään.

Malliston materiaalit olivat kangassponsori Voglian tuotannon ylijäämää ja nämä valikoituivat yrityksen tarpeen mukaan. Koska en itse päässyt valitsemaan materiaaleja, pääsi niiden kanssa käyttämään ihan omanlaistaan luovuutta. Miten käyttää kangasta, joka ei heti istu omaan estetiikkaan? Samalla materiaalit myös ohjasivat estetiikkaa suuntaan, johon en muuten olisi lähtenyt. Esimerkiksi hyvin venyvä villakangas antoi alun perin idean venymäarvista inspiraation lähteenä ja toimi suurena inspiraationa suunnittelussa. Itselle materiaali-lähtöinen suunnittelu on mielekästä, koska nautin ratkaisujen keksimisestä materiaalin määräämien rajojen sisällä.



5.2. Työskentely- ja suunnitteluprosessi

Malliston työstäminen aloitettiin kankaiden vastaanottamisella Voglialta ja niiden elinkaaridatan keruulla. Tätä dataa saatiin Voglialta heidän tietoihinsa perustuen. Tutkimuksen aikana pyrittiin kontaktoimaan kangastoimittajia, mutta vastaukset jäivät puuttumaan. Loppu laskennassa käytetty laskentatieto perustuu toissijaisiin lähteisiin ja oletuksiin. Laskennan hyödyntämä päästödata on peräisin datapankeista, kuten Ecoinventista ja Gabista, ja alan elinkaaritutkimuksista. Tästä poikkeaa ISKOn farkkukangas, jonka laskenta perustuu yrityksen itsensä tuottamiin LCA-tutkimuksiin kankaan ja tuotteen valmistuksen vaikutuksista.

Laskennan pohjana toimi itserakennettu Excel-tiedosto. Tiedosto kokonaisuudessaan löytyy opinnäytetyön liitteistä. Laskentaa helpotti ennalta kerätty data, jota on tuotettu Aalto-yliopiston FINIX-hankkeessa. Kuitenkin laskennan aikana heräsi paljon uusia kysymyksiä, joiden vuoksi tiedonkeruu jatkui koko laskennan ajan. Tiedonkeruun hankaluus oli yksi työn aikaa vievin osa, sillä sitä sai hakea useista eri lähteistä ja tutkimuksista.

Malliston suunnittelu alkoi heti materiaalien saavuttua. Suunnittelu oli hyvin materiaalilähtöistä. Visuaalinen ilme alkoi rakentua Orneuleen valkoisesta ohuesta villakankaasta, jonka avulla pystyy luomaan mielenkiintoisia muotoja ja rakenteita. Sitä venyttämällä ja repimällä saatiin aikaan haluttua estetiikkaa, jota inspiroi varsinkin venymäärvet iholla. Musta farkkukangas loi tasapainoa kovuudellaan. Raidallinen trikookangas oli haastava yhdistää näihin kahteen, mutta siitä saatiin kiinnostava hyödyntämällä eri suunnissa ja leikkaamalla sitä.

Ennen laskentaa en osannut ennakkoon sanoa, vaikuttavatko laskennassa syntyvät tiedot lopputulokseen suuresti. Omat ennakkotietoni olivat keskimääräistä suuremmat vastuullisten valintojen suhteen, mikä helpotti laskennan mahdollisten tulosten ennakoimista.

Oletukseni oli, että LCA toimii raameina suunnittelutyölle. Koska laskenta tuli suorittaa kaikkeen tuotteeseen vaikuttavaan, se rajoitti vetoketjujen, nappien ja muiden mahdollisesti metallisten tai muovisten osien laajaa käyttöä. Toisaalta en kokenut tätä rajoittavana osana. Oli kiinnostavaa nähdä, millaisia muotoilullisia ratkaisuja syntyy, kun pyritään normaalien kiinnitysratkaisujen vähäiseen käyttöön.



KUVA 14. UNDER THREAD Series (Alia Ali 2019)

5.3. Elinkaarilaskennan vaikutukset malliston suunnitteluun

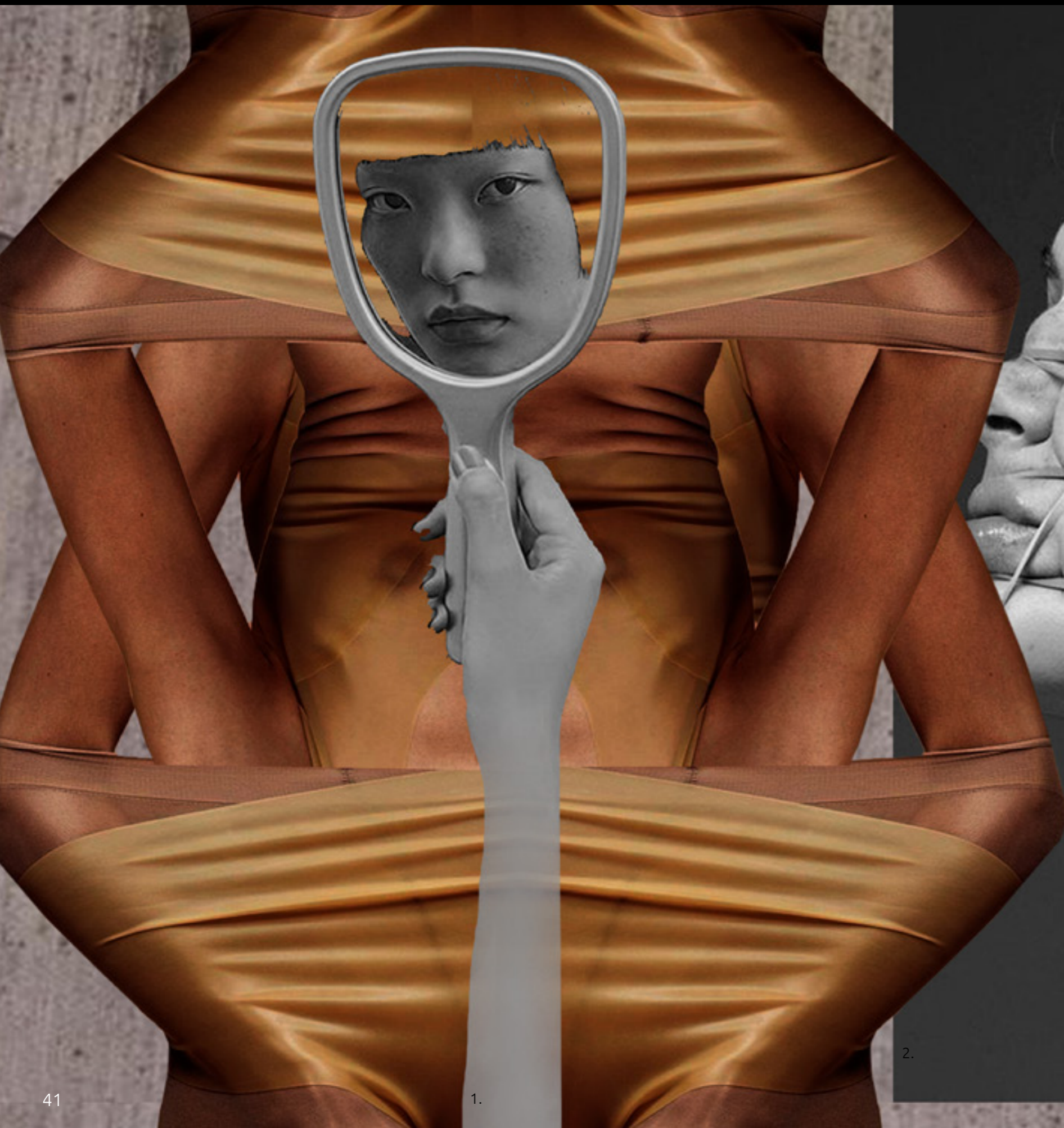
Tutkimuksen alussa oletettiin, että malliston rakentaminen täytyi suorittaa täysin ilman irrallisia merallisia tai muovisia osia, kuten vetoketjuja ja nappeja. Tämä osoittautui kuitenkin suureksi haasteeksi, sillä esimerkiksi hyvin istuvien housujen teko ilman vetoketjua, kuminauhaa tai nappeja olisi vaatinut monimutkaisen leikkauksen, mikä taas ei olisi tukenut tutkimusta perinteisen vaatemalliston rakentamisesta. Babelin ym. (2019) ThredUp:lle suorittamassa tutkimuksessa vetoketjut ja napit on jätetty laskematta niiden verrattain pienen painon vuoksi. Tässä tutkimuksessa päädyttiin samaan ja erillisiä pienosia päädyttiin käyttämään vain, mikäli ne olivat välttämättömiä. Näiden paino suhteessa tuotteen painoon oli verrattain niin pieni, että sen vaikutus voitiin katsoa olevan laskennassa mitätön.

LCA:n tuomat rajoitukset toimivat toisaalta myös inspiraationa. Mitä kaikkea materiaalista voidaan tuottaa? Tämän vuoksi päädyin esimerkiksi korvaamaan täytevanun revityllä leikkuujätteellä, jotta tuote pysyisi monomateriaalisena ja olisi näin helpommin laskettavissa. Näin suunniteltaessa leikkujäte jäi tuotteissa hyvin vähäiseksi ja samalla teki tuotteista helpommin kierrätettäviä. Kierrätyksessä monomateriaalisuus on yksi edellytys toimivalle ja tehokkaalle kierrätykselle.

Tämä ei ollut alkuperäinen tarkoitukseni mutta positiivinen yllätys. Voidaan katsoa, että pyrittäessä vastuulliseen suunnitteluun jonkin suunnittelustrategian avulla päätökset ovat itsessään tavallista tietoisempia. Tämä edesauttaa muidenkin ympäristöystävällisien tai kiertotalouden kannalta hyvien ratkaisujen syntymistä. Näin ollen elinkaarilaskentaa tukeva suunnittelu voidaan nähdä myös kierrätettävyyden suunnitteluna. Elinkaaritieto, jota suunniteltaessa kerätään, voidaan hyödyntää tulevassa kierrätysprosessissa.

6. Not a x x x x x x x p a n a c e a

- m a l l i s t o



6.1. luonnokset ja työstö

Mallisto syntyi luomalla runsaasti luonnoksia ja kehittämällä niiden pohjalta erilaisia ideoita. Luonnostelu sai muotoiluprosessin alussa jo vahvan suunnan kohti lopullista mallistoa. Luonnosten inspiraationa toimi visuaalinen inspiraatiomateriaali, kuten kerätyt inspiraatiokuvat sekä itse materiaali.

Malliston värikartta



Kuva 16. Malliston suunnittelu



Kuva 17. Malliston luonnostelua



Kuva 18. Malliston muotoilua nuken päälle



Luonnostelun lisäksi malliston koostamisessa hyödynnettiin paljon nuken päälle muotoilua ja nopeita prototyyppikokeiluja (kuvat 18 ja 19). Nopeat kokeilut antoivat suuntaa muotokielestä sekä laskennan näkökulmasta tärkeästä materiaalinkulutuksesta.

Luonnoksista ja prototypoinnista syntyi alustavia mallistokokonaisuuksia (kuva 20), joita muokkaamalla päädyttiin lopulliseen kuuden asukokonaisuuden ja 24 tuotteen naistenvaatemallistoon. Mallisto koostuu sekä vaatteista että asusteista.



Kuva 19. Nopeaa prototypointia

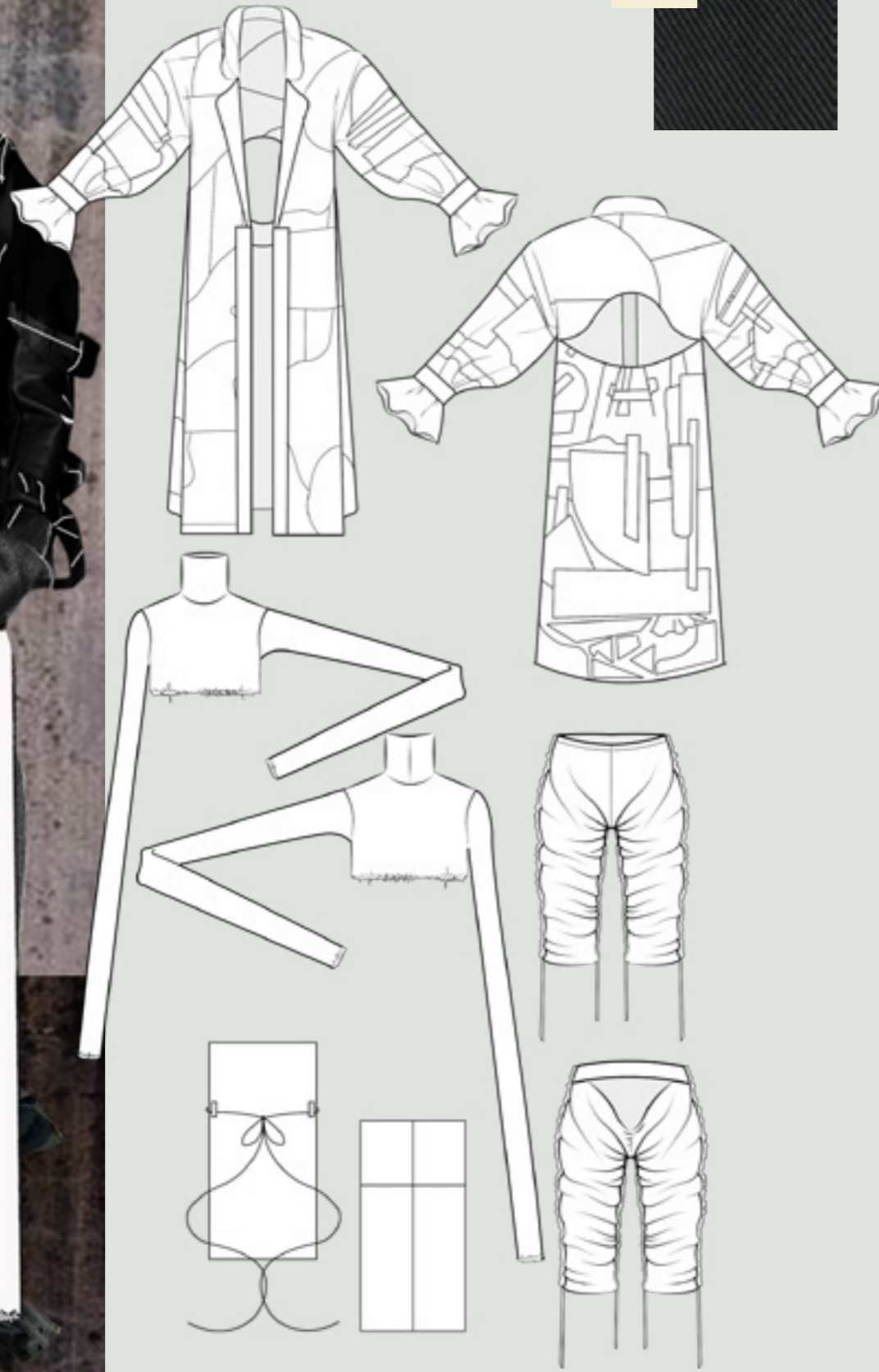


Kuva 20. line-up kokeiluversio

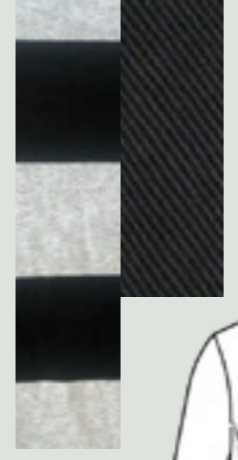
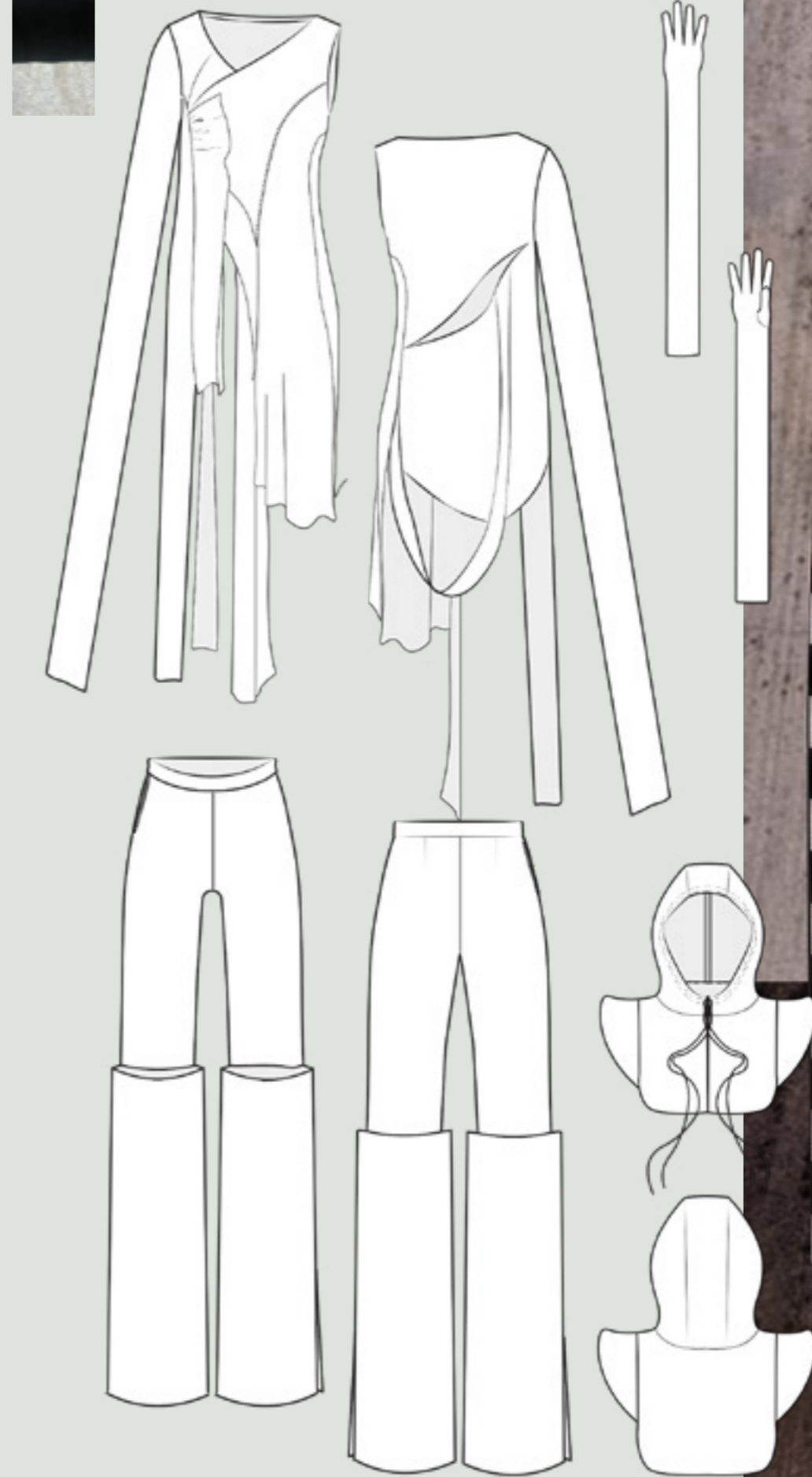
6.3. Not a xxxxxxx panacea



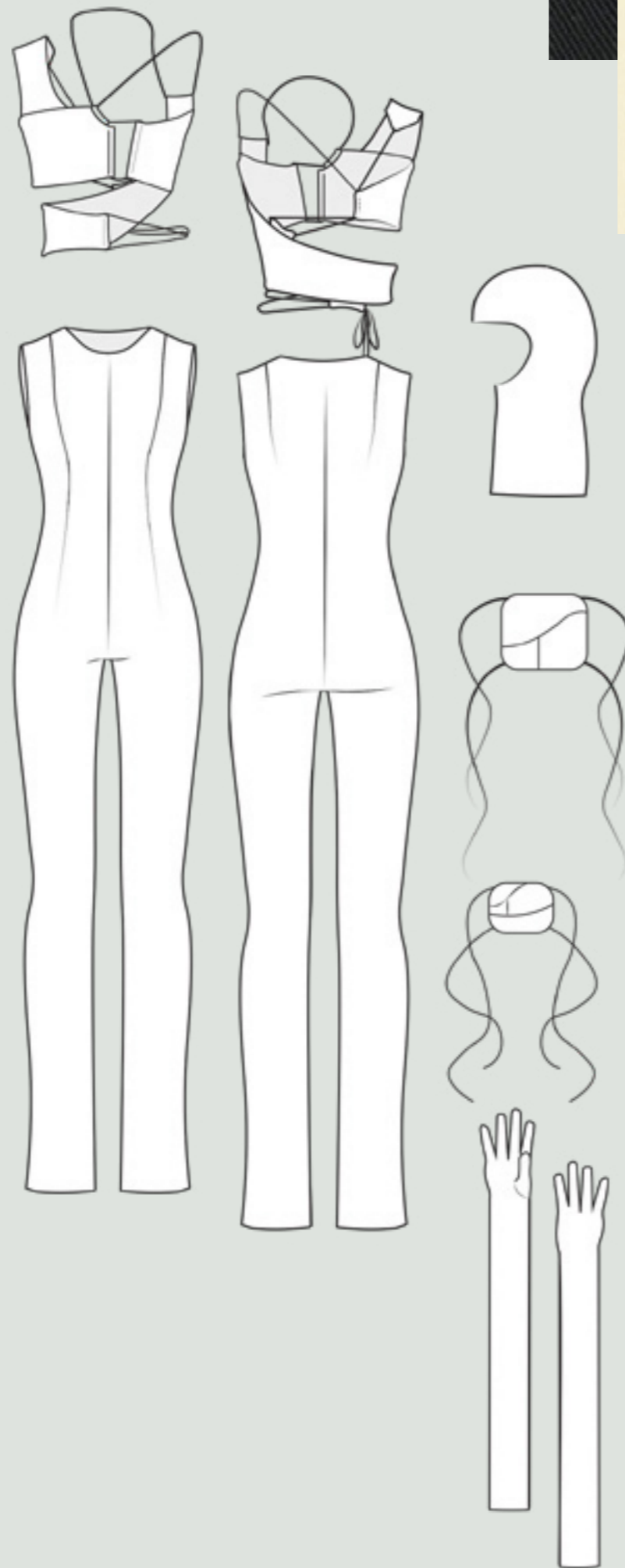
Asu 1



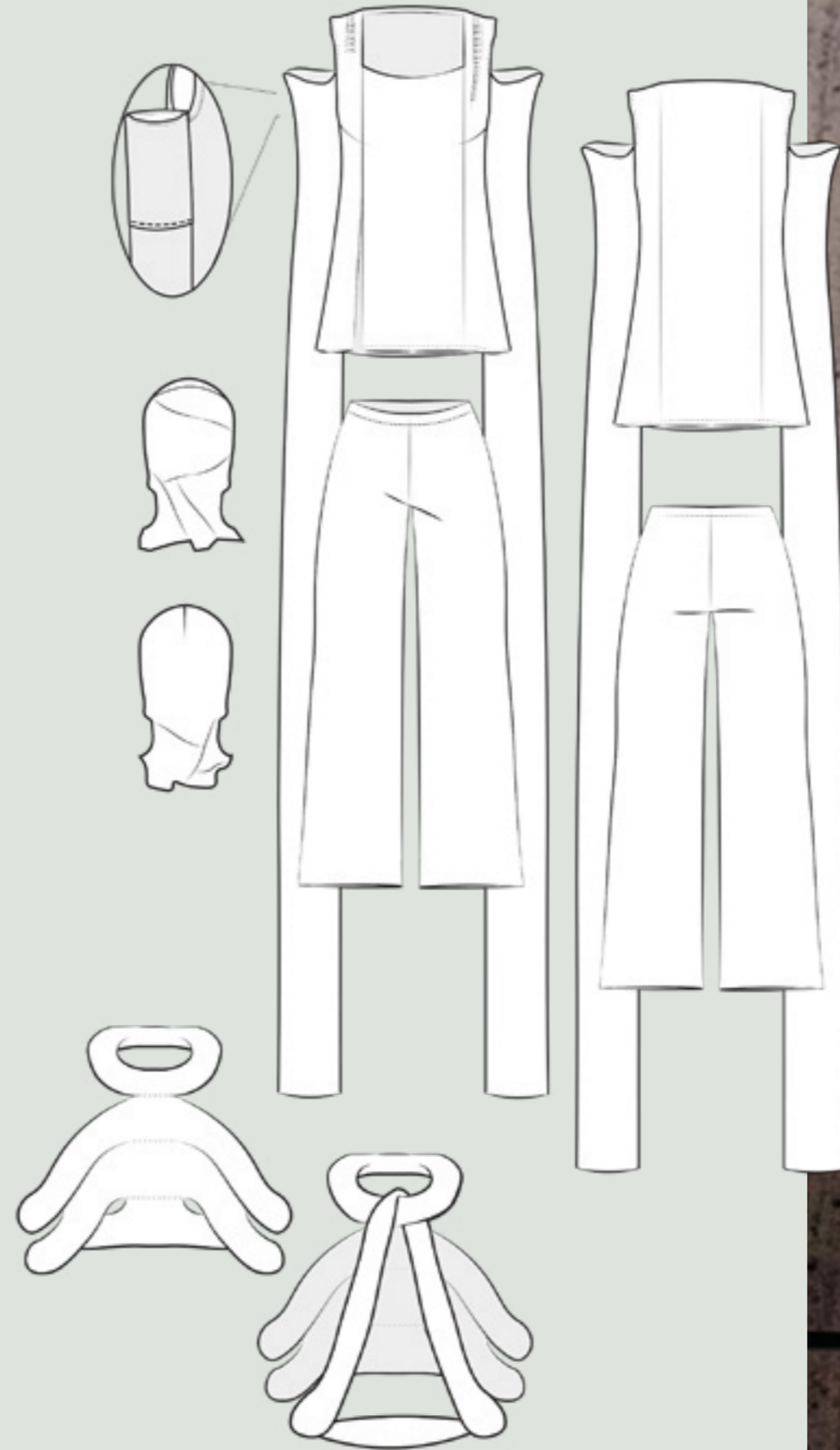
Asu 2



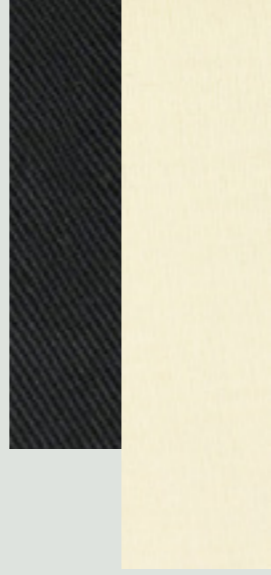
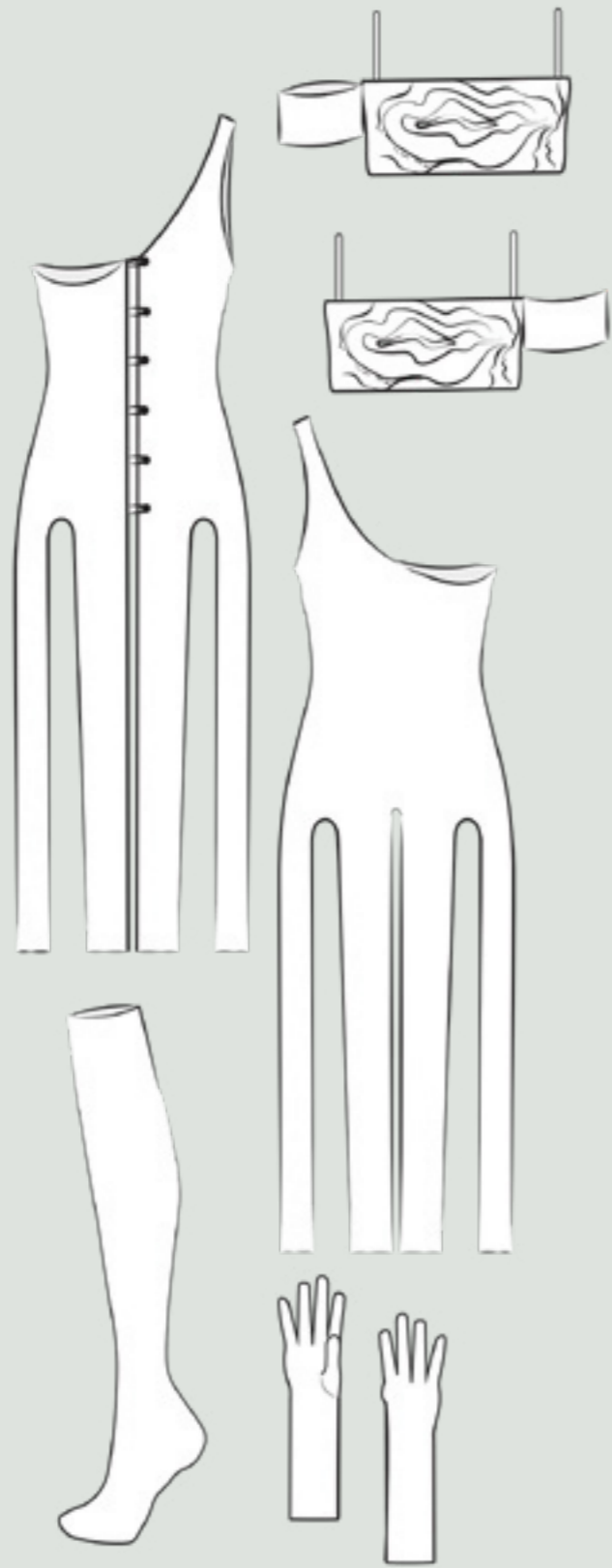
Asu 3



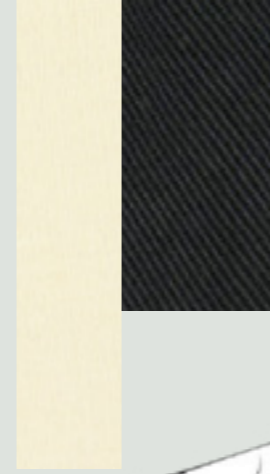
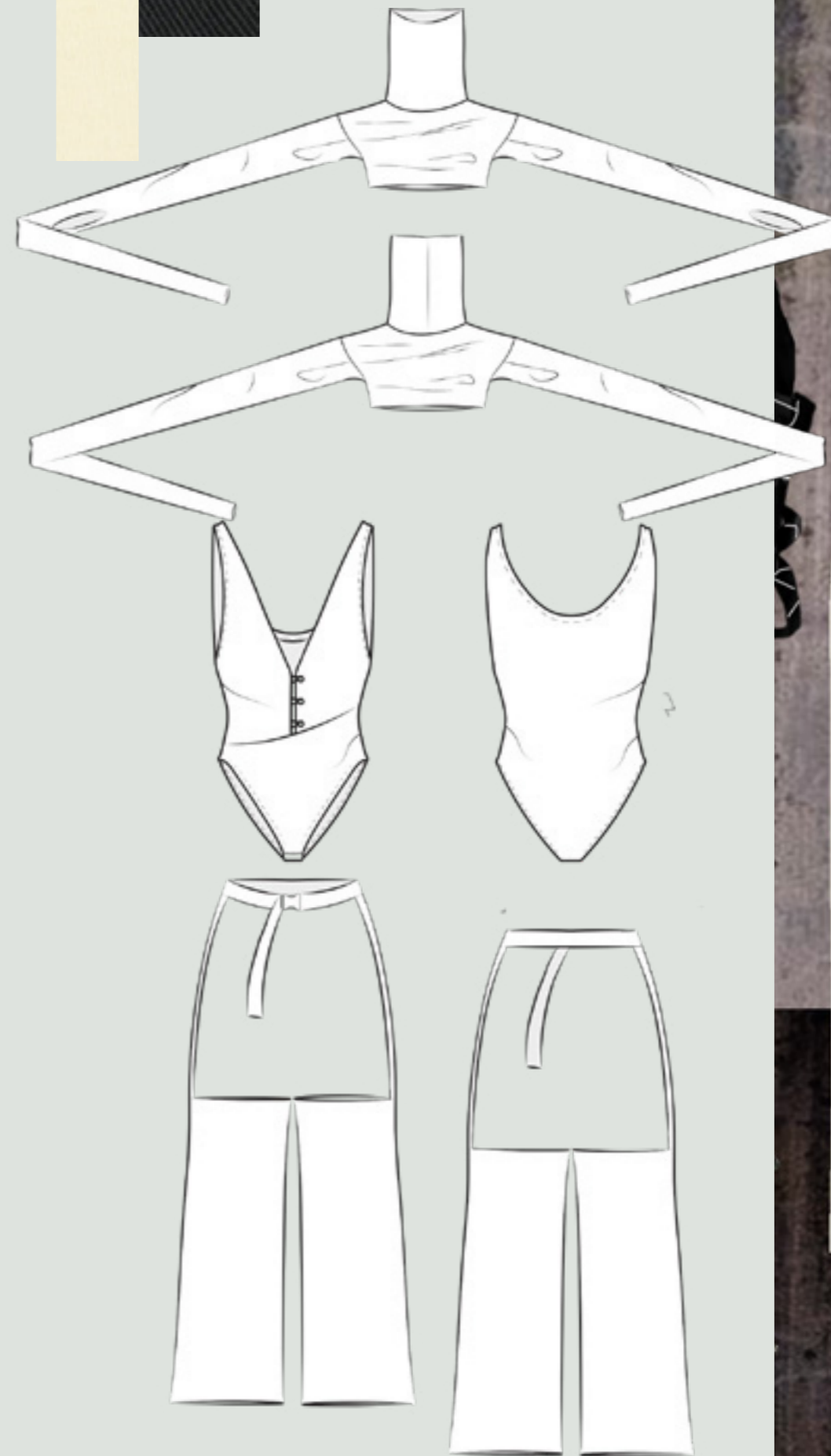
Asu 4



Asu 5



Asu 6



6.4. Editorial -kuvaukset

Kuvat
Emil Rassila

Meikki ja hiukset
Taiga Tuulijärvi

Stailaus
Mirka Uunimäki ja Helga Rätty

Malli
Kia/ FMA









6.5. Tutkimuksen yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voiko elinkaarilaskentaa hyödyntää vastuullisena suunnittelustrategiana suunniteltaessa vaatemallistoa. Tutkimuksessa keskityttiin materiaalien elinkaaritietoon ja niiden pohjalta kerättyyn dataan materiaalien energian- ja vedenkulutuksesta. Lisäksi tuotteille määritettiin tuotannon hiilijalanjälki. Tavoitteena oli tutkia, miten tällainen selvitys osana malliston suunnittelua onnistuu, miten se vaikuttaa suunnitteluun ja voisiko siitä mahdollisesti kehittää toimiva suunnittelua ohjaava strategia vastuulliselle vaatesuunnittelijalle.

Tutkimuksen perusteella selvisi, että elinkaaritiedon löytäminen ja sen sopivuuden tutkimukseen arvioiminen on haastavaa ja aikaa vievää. Tällaisen samanlaisen tutkimuksen suorittaminen samanlaisilla resursseilla kuin tässä tutkimuksessa ei voi nähdä resurssitehokkaaksi tavaksi suunnitella päästöjä minimoiden. Toisaalta, kun data oli kerätty ja siitä oli koostettu selkeä kokonaisuus, sen hyödyntäminen tutkimukseen oli suhteellisen nopeaa. Näin ollen voi ajatella, että tekniikkaa voitaisiin hyödyntää myös hektisessä tekstiiliteollisuudessa, mikäli laskenta olisi mahdollisimman pitkälle automatisoitu ja data helposti saatavilla.

Datan laadun arviointi oli tutkimuksessa sen löytämisen lisäksi suuri haaste. Osa datasta saatiin erilaisista datapankeista, kuten Ecoinvent:stä. Näiden datapankkien haaste on usein puuttuva lähdetieto. Toisaalta lähdetutkimuksia löydettyä on myös tärkeää käydä tutkimuksen tekotapa ja allakointimenetelmät tarkasti läpi, jotta selviää, onko sen tulos yhteensopiva muun laskennan datan kanssa. Tämä on taas hyvin aikaa vievää ja vaatii usein laajaa aiempaa osaamista aiheesta.

Mikäli datahaasteista päästään yli, on elinkaarilaskentalähtöinen suunnittelu mielestäni mahdollista. Se tarjoaa jo suunnitteluvaiheessa alustavaa tietoa päästöistä, joita voidaan näin ennakoida ja vähentää suunnitteluvaiheissa. Tietenkin on tunnistettava, että todelliset päästöt saadaan vasta kun tuotantoprosessi voidaan ottaa täydelliseen tarkasteluun ja tämä vaatii joko hyvinkin tarkkaa dataa juuri omista tuotantolaitoksista tai prosessin aloittamista ja sen kulutuksen ja vaikutusten seuraamista. Tulevissa tutkimuksissa tutkintaa voitaisiin laajentaa koskemaan käytön vaiheen kulutuksen vaikutusta kokonaiselinkaaren vaikutuksiin sekä pohtia, voisiko elinkaarilaskentaa laajentaa toimimaan paremmin juuri tekstiiliteollisuuden tarpeisiin.



Lähteet

Aso, A. 2019. Viskoosiprosessin mallintaminen. Insinööri (AMK) Insinööriyö. Bio-ja kemiantekniikka Metropolia Ammattikorkeakoulu. Viitattu [17.12.2021] Saatavissa <https://www.theseus.fi/handle/10024/159882>

Avlonas, N, & Nassos, GP 2013, Practical Sustainability Strategies: How to Gain a Competitive Advantage, John Wiley & Sons, Incorporated, Oxford.

Babel, N., Toma, A. ja Sivanandan, A. 2019. Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of second-hand vs new clothing. Greenstory. Valmistettu ThredUp:in käyttöön. Toronto. Kanada. Viitattu [28.1.2022] Saatavissa <https://cf-assets-tup.thredup.com/about/pwa/thredUP-Clothing-Lifecycle-Study.pdf>

Barber, A. ja Glenys, P. Life Cycle Assessment: New Zealand Merino Industry – Merino Wool Total Energy Use and Carbon Dioxide. Emissions. The AgriBusiness Group. <http://www.merinoinc.co.nz>. Viitattu [20.1.2022] Saatavissa <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.553.6556&rep=rep1&type=pdf>

Brock, P., Graham, R., Madden, P. & Alcock, D. 2013. Greenhouse gas emissions profile for 1 kg of wool produced in the Yass Region, New South Wales: A Life Cycle Assessment approach. Animal Production Science. 53. 485-508. 10.1071/AN12208. [viitattu 21.12.2021] Saatavissa https://www.researchgate.net/publication/268631844_Greenhouse_gas_emissions_profile_for_1_kg_of_wool_produced_in_the_Yass_Region_New_South_Wales_A_Life_Cycle_Assessment_approach

Caroline Devaux. 2019. Wool Production, Systematic review of Life Cycle Assessment studies. Ympäristötekniikan tutkintoprojekti. Kestävän kehityksen, ympäristötieteen ja tekniikan laitos Arkkitehtuurin ja rakennetun ympäristön koulu. KTH Royal Institute of Technology. Tukholma. Viitattu [8.3.2022] Saatavissa <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1299372/FULLTEXT01.pdf>

Ellebæk Larsen, S., Hansen, J., Knudsen, H. H., Wenzel, H., Larsen, H. F., & Møller Kristensen, F. 2007. EDIPTX – Environmental assessment of textiles. Tanskan Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojelutoimisto. Raportti No. 24 Viitattu [20.12.2021] Saatavissa <https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/7635219/EDIPTX.pdf>

Ellen macArthur Foundation. 2019. Completing The Picture; How The Circular Economy Tackles Climate Change. Material Economy. Viitattu [14.7.2021] Saatavissa <https://ellenmacarthurfoundation.org/completing-the-picture>

Environdec. 2021. Environmental Product Declaration for NZ-286335 and NZ-286211 denim garmentin accordance with ISO 14025. EPD. Registration Number: S-P-03500 Viitattu [17.12.2021] Saatavissa <https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLibrary/Files/b213c4bf-eccd-4738-5902-08d90559b7e2/Data>

Eriksson, J. 2015. Pilot spinning of viscose staple fibres – screening of important spinning parameters using design of experiments. MSc thesis, Umeå University, Umeå, Sweden. Viitattu [6.2.2022] Saatavissa <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:838767/FULLTEXT01.pdf>

Finix 2019-2022. Finix -sustainable textile systems hanke. Aalto Yliopisto. Viitattu [30.11.2021] Saatavissa <https://finix.aalto.fi/>

Fletcher, K. 2011. Post-Growth Fashion and The Graft of Users. Teoksessa. Gwilt, A, & Rissanen, T (Toim.) Shaping Sustainable Fashion : Changing the Way We Make and Use Clothes, Taylor & Francis Group, London.

Gwilt, A. 2011. Producing Sustainable Fashion: The Points for Positive Intervention by the Fashion Designer. Teoksessa. Gwilt, A, & Rissanen, T (Toim.) Shaping Sustainable Fashion : Changing the Way We Make and Use Clothes, Taylor & Francis Group, London.

Heino, A., Markkula, A., Saario, M., Sihvonen, H., Ylimäki, L., Kamaja, M., Mikkonen, H. & Mäki, s. 2020. Hiilineutraali tekstiiliala -tiekartta. Suomen Tekstiili ja Muoti ry. Viitattu [10.10.2021] Saatavissa https://stjm.s3.eu-west-1.amazonaws.com/uploads/20200610133352/STJM-Hiilineutraali-tekstiiliala-tiekartta_FINAL.pdf

Henry Beverley 2016. TBC ENVIRONMENTAL IMPACTS OF WOOL TEXTILES. International Wool Textile Organisation. Viitattu [25.10.2021] Saatavissa <https://iwto.org/sustainability/tbc-environmental-impacts-of-wool-textiles/>

ISKO Denim. Sustainable fashion Isko. R-Two. [Viitattu 17.12.2021] Saatavissa <https://isko-denim.com/sustainable-fashion-isko-rtwo>

ISO 14040:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework. Sveitsi. International Organization for Standardization. [Viitattu 6.9.2021] Saatavissa <https://www.iso.org/standard/37456.html>

ISO 14044:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. Sveitsi. International Organization for Standardization. [Viitattu 6.9.2021] Saatavissa <https://www.iso.org/standard/38498.html>

ISO 14046:2014 Environmental management — Water footprint — Principles, requirements and guidelines. Sveitsi. International Organization for Standardization. [Viitattu 6.9.2021] saatavissa <https://www.iso.org/standard/43263.html>

IWTO .2018 .IWTO market information edition 13. International Wool Textile Organisation (IWTO), Saksa. Viitattu [15.11.2021] Saatavissa <https://iwto.org/sustainability/>

IWTO. 2019. Wool Sheep Welfare. Brussels. Viitattu [10.1.2022] Saatavissa https://iwto.org/wp-content/uploads/2020/04/IWTO_Wool-Sheep-Welfare.pdf

Karell, E. & Niinimäki, K. 2019. Addressing the Dialogue between Design, Sorting and Recycling in a Circular Economy. The Design Journal. Vol. 22 (sup1), 997–1013. [Viitattu 17.3.2021] Saatavissa <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14606925.2019.1595413>

Klöpffer, W, Grahl, B, & Klöpffer, W 2014, Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice, John Wiley & Sons, Incorporated, Weinheim. Saksa.

Koffi, B., Cerutti, A., Duerr, M., Iancu, A., Kona, A., Janssens-Maenhout, G. 2017. CoM Default Emission Factors for the Member States of the European Union. Version 2017. European Commission. Joint Research Centre (JRC) Viitattu [15.4.2022] Saatavissa <http://data.europa.eu/89h/jrc-com-ef-comw-ef-2017>.

Kristiina Virtanen. 2021. henkilöstö- ja laatujohtaja Voglia oy. Haastattelu 17.11.2021.

Levänen, J., Uusitalo, V., Härri, A., Kareinen, E., and Linnanen, L. 2021. Innovative recycling or extended use? Comparing the global warming potential of different ownership and end-of-life scenarios for textiles. Letter.Kestävän tieteen laitos. LUT Yliopisto. Mikkulankatu 19. 15210 Lahti. Suomi. Viitattu [10.6.2021] Saatavissa <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abfac3/pdf>

Mitja Hokkanen. 2020. ENVIRONMENTAL IMPACTS OF RECYCLING-BASED CELLULOSE CARBAMATE FIBER. Väitöskirja. LUT Lappeenranta-Lahti Yliopisto. Energiajärjestelmien korkeakoulu. Ympäristötekniikan laitos. Kestävä tiede ja ratkaisut. Viitattu [20.6.2021] Saatavissa <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/162007>

Muthu Subramanian Senthilkannan. 2015. Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing. Cambridge: Elsevier Science & Technology.

Niinimäki, K., Peters, G., Dalbo, H., Perry, P., Rissanen, T. & Gwilt, A. 2020. The Environmental price of fast fashion. Nature. Viitattu [1.3.2022] Saatavissa https://www.nature.com/articles/s43017-020-0039-9.epdf?sharing_token=UBThRdW8wLpkks7d28LGyRgN0jAjWel

9jnR3ZoTv0NrTOAvTiqFxn1nfvyRGyHkE4yF_jq14qyqvZZR_f1nYcp0dHRa9mDfKB4m8m-Vn197Sd5hcOjiIJ0eAk6yitgphX3nBz9HOBi qRzPDHxnrpUcWYg-CTaD9u22qnukr93lCn-638PDNSU0QuTOSRyyVORieRn_Y6oRaQXNP4hFt_Hbsx0139RODHpEYlTBeD08QMNIInCyQ4IP3mlj510a5xYBK0gzNaOdoCfDsf3dQ-QHVlxVCLTUzZrGcyKpv-

OpenCO2. 2021. Viitattu [14.12.2021] Saatavissa <https://www.openco2.net/fi/co2-tietoa>

Pesnel, S. ja Payet, J. 2019. the Technical Secretariat of the T-shirts PEFCR pilot Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) T-shirts. Euroopan Komissio. Viitattu [15.10.2022] Saatavissa https://ec.europa.eu/environment/eusds/mgpp/pdf/PEFCR_tshirt.pdf

Ritchie, H. Roser, M. & Rosado, P. 2020. Estonia: Energy Country Profile. Our World In Data. Viitattu: [14.4.2022] Saatavissa <https://ourworldindata.org/energy/country/estonia>

Sandin, G., Roos, S., & Johansson, M. 2019a. Environmental impact of textile fibers – what we know and what we don't know, the fiber bible part 2. Mistra Future Fashion, 03(2). Viitattu [10.10.2021] Saatavissa https://www.researchgate.net/publication/331980907_Environmental_impact_of_textile_fibres_-_what_we_know_and_what_we_dont_know_Fiber_Bible_part_2

Sandin, G, Roos, S, Spak, B, Zamani, B & Peters, B. 2019b. Environmental assessment of Swedish clothing consumption - six garments, sustainable futures. Mistra Future Fashion. Chalmers University of Technology 2019:5. ISBN:978-91-89049-05-5 Viitattu [10.10.2021] Saatavissa <https://www.teko.se/wp-content/uploads/g.sandin-environmental-assessment-of-swedish-clothing-consumption.mistrafuturefashionreport-2019.05.pdf>

Schultz, T. ja Suresh, A. 2017. Life Cycle Assessment Comparing Ten Sources of Manmade Cellulose Fiber. SCS Global Services. [Viitattu 20.12.2021] Saatavissa <https://cdn.scsglobal-services.com/files/resources/SCS-Stella-LCA-MainReport-101017.pdf>

Shariare Mahmood. 2020. The substantive approach for Managing Demand and Supply Sustainably in fashion industry. Väitöskirja. Teknologian laitos. Oulun yliopisto. Viitattu: [5.6.2021] Saatavissa <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789526225005.pdf>

Sheenam Jain. 2021. Tutkijatohtori. Aalto yliopisto. Haastattelu 1.2.2022

Susanna Horn. 2022. SYKE. Why more is not always merrier- What information is really needed for sustainable, circular decision making. Esitys Data4Circularity – Towards a data-driven circular economy in Finland -seminaarissa 16.2.2022

Traditional Kyoto. Kintsugi – Art of Repair. Viitattu [7.2.2022] Saatavissa <https://traditional-kyoto.com/culture/kintsugi/>

van der Velden N. M., Patel M. K. & Vogtländer J. G. 2014. LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013. 19:331–356 DOI 10.1007/s11367-013-0626-9 Viitattu [20.12.2021] Saatavissa <http://www.woodguide.org/files/2014/07/LCA-textiles.pdf>

Wendin, Marcus. (2016). LCA on Recycling Cotton. 10.13140/RG.2.2.22598.57927. [viitattu 9.12.2021] Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/319710965_LCA_on_Recycling_Cotton

Wiedemann, S., Biggs, L., Nebel, B. Laitala, K., Klepp, I.G., Swan, P.G. & Watson, K. 2020. Environmental impacts associated with the production, use, and end-of-life of a woollen garment. Int J Life Cycle Assess 25, 1486–1499. Viitattu [19.11.2021] Saatavissa <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01766-0>

WWF Green Office. 2021. Mittaaminen luo pohjan vaikuttavalle ympäristötyölle. Asiantuntijablogi 04/03/2020. [Viitattu 26.10.2021] Saatavissa <https://wwf.fi/greenoffice/tarina/mittaaminen-luo-pohjan-vaikuttavalle-ymparistotyolle/>

Kuvalähteet

Kuva 1. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Kuva 2. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Kuva 3. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Kuva 4. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Kuva 5. Haifeng Jia 2014. Vesistressin taso valtiottain. viitattu [30.3.2022] saatavilla: https://www.researchgate.net/figure/A-current-water-stress-indicator-map-that-shows-regions-where-environmental-flow-needs_fig4_259562542

Kuva 6. Sanna Lehto 2020. Voglian editorial. viitattu [4.3.2022] saatavilla: <https://www.iltalehti.fi/muoti/a/ab95fda2-72e7-4414-b46c-01a015d46104#gallery>

Kuva 7. Emil Ratilainen 2022. Kuva 5. Editorial-kuvaukset

Kuva 8. Emil Ratilainen 2022. kuva 1. Editorial-kuvaukset

Kuva 9. Emil Ratilainen 2022. kuva 1. Editorial-kuvaukset

Kuva 10. Emil Ratilainen 2022. kuva 1. Editorial-kuvaukset

Kuva 13. Kooste kuvista

13.1. Invertuals 2011. Untouchables. Invertuals 3. Raw Color. Viitattu [13.12.2021] Saatavilla: <http://rawcolor.nl/project/?id=317&type=ownProduction>

13.2. Paola Kudacki. 2016. Beauty Papers 3. Editorial. Le Book. Saatavilla: <https://www.lebook.com/creative/beauty-papers-plasticity-editorial-2016>

13.3. Julia Chernysheva 2016. Captured body. look 14. Viitattu [11.12.2021] saatavilla: <https://www.vogue.com/photovogue/photographers/69426/gallery#137543>

13.4. Paola Kudacki. 2016. Beauty Papers 7. Editorial. Le Book. Saatavilla: <https://www.lebook.com/creative/beauty-papers-plasticity-editorial-2016>

13.5. Radzi 2015. Redblocker. Viitattu [12.2.2022] Saatavilla: <http://zapytaj-farmaceute.blogspot.com/2015/01/na-pekajace-naczynka-redblocker.html?m=1>

Kuva 14. Alia Ali. 2019. UNDER THREAD Series. Viitattu [1.2.2022] Saatavilla: https://hyperallergic.com/493146/alia-ali-borderland-under-thread/?utm_medium=email&utm_campaign=Daily+041619+-+Why+I&utm_content=Daily+041619+-+Why+I+CID_4bf-508268955db188b77e74d3690d90a&utm_source=HyperallergicNewsletter&utm_term=Cultural+Identity+Seen+Through+the+Politics+of+Thread

Kuva 15. Moodboard. Kuva muunnettu kuvista:

15.1. Courtesy Photo nbsp;. 2018. HONNE, 'Love Me / Love Me Not. Levyn kansi. Saatavilla: <https://www.billboard.com/photos/best-album-covers-of-2018-top-20/>

15.2. Rankin. 2015. Distorted. Hunter. Issue 8. The Guardian. Saatavilla: <https://www.theguardian.com/fashion/gallery/2018/oct/29/unfashionably-fashionable-the-best-of-rankin-in-pictures?page=with%3Aimg-7>

Kuva 29. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Kuva 30. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Kuva 31. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Kuva 32. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Kuva 33. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Kuva 34. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Kuva 35. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Kuva 36. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Kuva 37. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Kuva 38. Emil Ratilainen 2022. Editorial-kuvaukset

Materiaalilaskenta. R-Two

VOGLIAN puuvilla-polyesteri farkku:

44 % puuvilla, 25 % uudelleenkäytetty puuvilla (RUC), 28 % kierrätetty polyesteri (RCP), 3 % elastaani.

250g/m²

Valmistus Turkki

ISKO

Materiaali: PK4846 Stay Black R-TWO	Tuotantomaa Turkki	Määrä	%	KW/h	H2O/m ³	CO2-q	Lähde
Kankaan tuotanto*	Turkki	1 kg	100	61,900	0,731	13,904	Environdec 2021
Tuotteen tuotanto**	Turkki	1kg	100	4,019	0,007	0,826	Environdec 2021
Lopullinen arvo				65,919	0,738	14,73	81,387

*Kankaan tuotanto: Kuitutuotanto, puhdistus, langan kehruu, kankaan kutominen, värjäys ja viimeistelyt

**Tuotteen tuotanto: kankaan leikkuu, ompelu,

Lähde: Environdec. 2021. Environmental Product Declaration for NZ-286335 and NZ-286211 denim garmentin accordance with ISO 14025. EPD. Registration Number: S-P-03500 Viitattu [17.12.2021] Saatavilla: <https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLibrary/Files/b213c4bf-eccd-4738-5902-08d90559b7e2/Data>

Materiaalilaskenta. Viskoosi
VOGLIAN viskoosi: Neulos 92 % Viskoosi (CV)
,8 % Elastaani (EL), OEKO-TEX - Standardi
Neuloksen valmistus Liettua
270 g/m²
Viskoosi Indonesiasta, havupuun sellu.
Pakaita

Materiaali: Viskoosi	Tuotantomaa	%	KW/h	H2O/m ³	CO2-q	Lähde
Kuidun alkutuotanto	Indonesia	92				Ecoinvent3.3(2014;2010);Ecoinvent3.6 Larsen ym. 2007, 223
Kuidun tuotanto	Kiina	92	10,28	0,0853	3,21	
Langan kehruu 270 den	Kiina	92	3,15	0	1,33	
Lopullinen arvo			13,430	0,0853	4,54	

Materiaali: Elastaani	Tuotantomaa	%	KW/h	H2O/m ³	CO2-q	Lähde
Kuidun tuotanto	Keskiarvo	8	1,5	0,023	5,1	Idemat
Langan kehruu, synteettinen	Keskiarvo	8	3,06	0	1,31	Badel ym. 2019 (Velden ym. 2013)
Lopullinen arvo			4,6	0,023	6,41	

Materiaali: Viskoosi-Elastaani	Tuotantomaa	%	KW/h	H2O/m ³	CO2-q	Lähde
Trikoon neulominen	Liettua	100	1,22	0,005	1,3	Idemat
Märkäprosessit (langan värj.)	Kiina	100	0,7	0,137	2,36	Sandin 2019, 50;Ecoinvent 3.6
Lopullinen arvo			1,920	0,142	3,66	

Materiaali: Viskoosi-Elastaani	%	KW/h	H2O/m ³	CO2-q	Lähde
Lopullinen arvo	100	19,91	0,165	10,07	

Lähteet:

Ideamat. 2012. Database Idemat version 2.2. The Swiss Centre for Life Cycle Inventories

Ecoinvent v.3.1.

Ecoinvent v.3.6, fibre production, viscose

Ellebaek Larsen, S., Hansen, J., Knudsen, H. H., Wenzel, H., Larsen, H. F., & Møller Kristensen, F. 2007. EDIPTEX – Environmental assessment of textiles. Tanskan Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojelutoimisto, Raportti No. 24 Viitattu [20.12.2021] Saatavilla: <https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/7635219/EDIPTEX.pdf>

Sandin, G., Roos, S., Spak, B., Zamani, B. & Peters, B. 2019. environmental assessment of Swedish clothing consumption - six garments, sustainable futures. Mistra Future Fashion. Chalmers University of Technology 2019:5. ISBN-978-91-89049-05-5 Viitattu [10.10.2021] Saatavilla: <https://www.teko.se/wp-content/uploads/g.sandin-environmental-assessment-of-swedish-clothing-consumption.mistrafuturefashionreport-2019.05.pdf>

Babel, N., Toma, A. ja Sivanandan, A. 2019. Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of second-hand vs new clothing. Greenstory. Valmistettu ThredUp:in käyttöön. Toronto, Kanada. Viitattu [28.1.2022] Saatavilla: <https://cf-assets-tup.thredup.com/about/pwa/thredUP-Clothing-Lifecycle-Study.pdf>

0.429 kgs CO2e per kWh US avarege

Materiaalilaskenta. Villa
VOGLIAN villa: neulos 100 % villaa.
mulesing free, interlock,
hiencus 19,5 µ -
250g/m²
Neuloksen valmistus Suomi-
Orneule

Materiaali: Villa	Tuotantomaa	%	KW/h	H2O/m ³	CO2-q	Lähde
Kuidun alkutuotanto	Uruguay/Argentiina	100	6,92*		36,2	Barber & Glenys ;Brocks ym. 2013
Kuidun tuotanto	Uruguay/Argentiina	100	6,029*			Barber & Glenys
Langan kehruu 270 den	Italia/Romania	100	3,06	5,65	8,96	hasanbeigiand Price(2012);Ecoinvent v3.6
Triכון neulominen	Suomi (Orneule)	100	0,35	0	1,34	ITMF (2010);Simapro
Märkäprosessit	Keskiverto	100	9,033	1,00.	1,57	Ideamat 2012; Simapro
Lopullinen arvo			12,443	5,65	48,07	---

Lähteet:

Ecoinvent v. 3.6

ITMF (2010) osa kokoilmaa van der Velden, M., Patel, M. & Vogtländer, J. 2012. LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane. Saatavilla:

Ideamat. 2012. Database Idemat version 2.2. The Swiss Centre for Life Cycle Inventories

*painon mukaan allakoitu
** Biofyysisen jaottelun mukaan allakoitu

Vaatteen kokoaminen	Tuote	Paino (g)	W/h	H2O/g	CO2-q	leikkujäte%	Lähde
	Paista/toppi/tunika	170	310	22,61	625,27	13	Viron sähköverkon energiasäätötoimenpätökerroin: 2,017 (2013) Koffi, B ym. 2017, 12 Babel ym. 2019, 36
	Farkut	720	440	95,76	887,48	14	
	Hame	250	440	33,25	887,48	14	
	Shortsit	200	160	26,60	322,72	15	
	Liivi	250	250	33,25	504,25	10	
	Takki	1100	2010	146,30	4054,17	16	
	Hanskat	90	160	11,97	322,72	18	
	Talviasuste	130	440	17,29	887,48	18	
	Huosit	600	440	79,80	887,48	14	

* Dataa ei löydetty

Vaatteen kokoaminen	Tuote	Paino/g	W/h	H2O/g	CO2-q	leikkujäte%	Lähde
	Paista/toppi/tunika	1	1,82	0,13	2,90	13	Viron sähköverkon energiasäätötoimenpätökerroin: 2,017 (2013) Koffi, B ym. 2017, 12 Babel ym. 2019, 36 GL: market group for tap water (Ecoinvent 3.5)
	Farkut	1	0,61	0,13	0,97	14	
	Hame	1	1,76	0,13	2,80	14	
	Shortsit	1	0,80	0,13	1,27	15	
	Liivi	1	1,00	0,13	1,59	10	
	Vyö	1	0,00	0,13	0,00	20	
	Takki	1	1,83	0,13	2,91	16	
	Hanskat	1	1,78	0,13	2,83	18	
	Talviasuste	1	0,30	0,13	0,48		
	Huosit	1	0,73	0,13	1,17	14	

Vaatteen kokoaminen	Tuote	Paino/kg	KW/h	H2O/kg	CO2-q	leikkujäte%	Lähde
	Paista 1	0,632	1,15	0,084	2,320	0**	Viron sähköverkon energiasäätötoimenpätökerroin: 2,017 (2013) Koffi, B ym. 2017, 12 Babel ym. 2019, 36
	Paista 2	0,782	1,42	0,104	2,864	0	
	Paista 3	0,191	0,39	0,025	0,787	13	
	Farkut	0,413	0,29	0,055	0,585	14	
	Huppu	0,254	0,52	0,034	1,049	13	
	Shortsit	0,186	0,17	0,025	0,343	15	
	Toppiliivi	1,278	1,278	0,170	2,578	0	
	Kypärämyssy kasvoaukolla	0,042	0,015	0,006	0,050	18	
	Kypärämyssy kasvoaukotta	0,064	0,02	0,009	0,040	0	
	Takki	1,379	2,52	0,183	5,063	0	
	Säärystimet	0,276	0,08	0,037	0,161	10	
	Hanskat	0,09	0,0018	0,012	0,004	18	
	Huosit	0,432	0,0007	0,057	0,001	14	

** Leikkujäte on hyödynnetty kokonaan tuotteen suunnittelussa ja toteutuksessa

Koffi, B., Cerutti, A., Duerr, M., Jancu, A., Kona, A., Janssens-Maenhout, G. 2017. CoM Default Emission Factors for the Member States of the European Union. Version 2017. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] Viitattu [15.4.2022] Saatavilla:

Babel, N., Toma, A. ja Sivanandan, A. 2019. Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of second-hand vs new clothing. Greenstory. Valmistettu ThredUp:in käyttöön. Toronto, Kanada. Viitattu [28.1.2022] Saatavilla: <https://cf-assets-bup.thredup.com/about/pwa/thredUP-Clothing-Lifecycle-Study.pdf>
Ecoinvent 3.5 Datapankki

Vertailu	Koostumus	Paino	Määrä	KW/h	H2O/m ³	CO2-q	Huomiot
R-Two	44%CO,25%RUC,28%RCP,3%EL	270g	1 kg	65,919	0,708	14,73	Suurin energiankulutus
Viskoosi	92%CV, 8%EL	270g	1 kg	19,91	0,476	24,44	Verrattain korkeat CO2 päästöt
Villa	100 %	250g	1 kg	12,443	5,65	48,07	Suurin vedenkulutus. Suuret alkutuotannon CO2 päästöt

Kiitokset!

Annariina Ruokamo
Minna Cheung
Susanna Björklund

Kristiina Virtanen
Kirsti Cura
Sheenam Jain
Susanna Horn

André von Martens
Mira Uunimäki
Bea Lönqvist
Helene von Martens
Mirja von Martens
Helmi Luukka

Erityiskiitokset Voglia oy
LAB Ammattikorkeakoulu
PuMu18
Perhe ja ystävät