



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

RINGSE TOOTMISMUDELI JUURUTAMINE ETTEVÖTTES ANDROGEAR OÜ

DEVELOPMENT OF CIRCULAR PRODUCTION MODEL IN COMPANY ANDROGEAR OÜ

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Berit Loomägi

Üliõpilaskood: 193541EANB

Juhendaja: Kersti Merimaa, insener
Kaasjuhendaja: Tiia Plamus, vanemlektor

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“02” juuni 2022

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“02” juuni 2022

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”.....20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Berit Loomägi (*autori nimi*)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „RINGSE TOOTISMUDELI JUURUTAMINE ETTEVÖTTES ANDROGEAR OÜ“, (*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on Kersti Merimaa ja kaasjuhendaja Tiia Plamus, (*juhendaja nimi*)

- 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.
-

02.06.2022 (kuupäev)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Berit Loomägi, 193541EANB
Õppekava, peeriala: EANB, Materjalitehnoloogia
Juhendaja: Kersti Merimaa, insener, 6202904
Kaasjuhendaja: Tiia Plamus, vanemlektor ja programmijuht, 6202904
Konsultant: Piret Mellik, tunnitassuline õppejõud, TalTech, 5141009,
piret.mellik@gmail.com

Lõputöö teema:

„Ringse tootmismudeli juurutamine ettevõttes Androgear OÜ“
„Development of circular production model in company Androgear OÜ“

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Androgear OÜ jaoks sobivaima ringse tootmismudeli välja töötamine läbi ettevõtte tootmise, toodete ning materjalide analüüsi
2. Ettevõtte jaoks sobivaima ringse tootmismudeli detailne edasiarendus

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teoreetilise osa koostamine	06.05
2.	Androgear OÜ toodete ja materjalide analüüs, ringsete tootmisvõimaluste analüüs	15.02
3.	Androgear OÜ jaoks parimate võimaluste valimine ringse tootmismudeli juurutamiseks	15.02
4.	Lühikeste pükste lekaalide loomine	01.03
5.	Lühikeste pükste jaoks vajaliku dokumentatsiooni loomine	01.03
6.	Lekaalide digitaliseerimine ja paljundamine suurustesse XS-3XL	15.04
7.	Lühikeste pükste prototüüpide loomine	06.05
8.	Pildi ja videomaterjali loomine	06.05

Töö keel: eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: "02" juuni 2022.a

Üliõpilane: Berit Loomägi ".....".....20.....a
/alkiri/

Juhendaja: Kersti Merimaa ".....".....20.....a
/alkiri/

Kaasjuhendaja: Tiia Plamus ".....".....20.....a

Konsultant: Piret Mellik /allkiri/ ".....".....20.....a
/allkiri/

Programmijuht: Tiia Plamus /allkiri/ ".....".....20.....a
/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA	8
SISSEJUHATUS	9
1. TEKSTIILI- JA RÕIVATÖÖSTUSE KESKKONNAMÕJU	10
2. RINGMAJANDUS	11
3. TEKSTIILIJÄÄTMETE LIIGITUS	14
4. VÕIMALUSED JUURDELÕIKUSJÄÄKIDE KASUTAMISEKS	15
4.1 Juurdelõikusjääkide vähendamine	15
4.2 Juurdelõikusjääkide kasutamine.....	16
4.3 Juurdelõikusjääkide ümbertöötlemine	16
5. KANGAJÄÄKIDELE VÄÄRTUST ANDEV DISAIN	19
6. ETTEVÕTTE ANDROGEAR OÜ TUTVUSTUS	22
7. ETTEVÕTTE ANDROGEAR OÜ TOOTMISMUDELI ANALÜÜS NING VÕIMALIKUD LAHENDUSED TOOTMISJÄÄKIDE KASUTAMISEKS	23
7.1 Ringmajanduse põhimõtetest lähtuv ettevõtte analüüs	24
7.2 Tootmisjääkide kasutamise võimalused Androgear OÜ näitel	25
8. TOOTEARENDUS ANDROGEAR OÜ JUURDELÕIKUSJÄÄKIDELE RAKENDUSE LEIDMISEKS	27
8.1 Moekirjeldus.....	27
8.2 Dokumentatsiooni koostamine.....	28
8.3 Lõigete konstrueerimine	30
8.4 I prototüüp	30
8.5 Kummipaela töötlemine	32
8.5.1 I meetod.....	33
8.5.2 II meetod.....	33
8.5.3 III meetod.....	34
8.6 II prototüüp	36
8.7 III prototüüp	37
8.8 Lekaalide digitaliseerimine ja paljundamine.....	39
8.9 IV prototüüp	40
9. JÄRELDUSED	41
KOKKUVÕTE	42
SUMMARY.....	44
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	46
LISAD	50
Lisa 1. Tehnoloogiline järjestus lühikeste pükste prototüübile.....	50
Lisa 2. Tehnoloogiline järjestus kangajääkidest lühikeste pükste prototüübile...	51

Lisa 3. Lekaalide loetelu	52
Lisa 4. Tehnoloogiline juhend kangajääkide käsitlemiseks.....	53
Lisa 5. Valmismõõtude tabel	54

EESSÕNA

Bakalaureusetöö valmis koostöös rõivaettevõttega Androgear OÜ. Töö eesmärgiks oli välja töötada toimiv lahendus, mille abil ettevõtte saaks tagada enda tootmise ringsemaks muutmise.

Bakalaureusetöö tulemusena valmis Androgear OÜ jaoks efektiivne mudel, kuidas säästa ressursse ning muuta ettevõtte tootmist ringsemaks. See saavutati läbi kangajääkidest lühikeste pükste valmistamise, mille jaoks koostati lõputöö käigus lekaalid, dokumentatsioon ning neli prototüüpi.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 54 leheküljel, 9 peatükki, 17 joonist ning 5 lisa.

Suur tänu *androgeari* liikmetele, kes lõputöö raames konsulteerisid ning motiveerivad sõnu jagasid. Tänu juhendajatele Kersti Merimaale ja Tiia Plamusele ning eriline tänu Piret Mellikule, kes alati väga edasiviivaid nõuandeid jagas.

Võtmesõnad: androgear, rõivatööstus, kangajäägid, ringmajandus, bakalaureusetöö
androgear, clothing industry, fabric scraps, circular economy, bachelor
thesis

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö teemaks on „Ringse tootmismudeli juurutamine ettevõttes Androgear OÜ“. Antud projekt viiakse läbi koostöös ettevõttega Androgear OÜ. Tegemist on rõivaettevõttega, mis lansseeris 2022.aasta talvel enda esimese rõivakollektsiooni. Brändi esimese kollektsiooni moodustavad kolmes eri pikkuses ning neljas eri disainis sooneutraalsed bokserid. Kõik tooted on saadaval seitsmes suurusnumbris (XS-3XL).

Vajadus antud lõputöö läbiviimise järele sai alguse soovist vähendada ettevõtte tegevuse ökoloogilist jalajälge, säästa materjale ning minimaliseerida jäätmete teket. Antud lõputöö eesmärk on analüüsida Androgear OÜ tootmist, tooteid ning materjale. Samaaegselt kaardistada üldiseid ringseid tootmisvõimalusi rõivasektoris ning leida selle baasilt Androgear OÜ jaoks parimad võimalused tootmise ringsemaks muutmiseks.

Käesolev bakalaureusetöö teoreetilises osas antakse ülevaade rõivatööstuse üldisest olukorrast ning antud valdkonna keskkonnamõjutustest. Seejärel tutvustatakse erinevaid võimalusi, kuidas rõivaettevõtteid ringsemaks muuta ning keskendutakse lähemalt just tootmises tekkivatele jäätmetele ja viisidele, kuidas neid jääke utiliseerida.

Bakalaureusetöö praktilises osas analüüsitakse kirjanduses leitud läbi Androgear OÜ tootmise ning antakse ülevaade kõigist praktilistest tegevustest mida läbi viidi, et luua *androgeari* jaoks tootmiseks kõlbulik kvaliteetne toode, mille valmistamisel saab kasutust leida ettevõtte kangajääkidele ning seeläbi muuta ettevõtte tootmist ringsemaks. Esmalt tutvustatakse loodavat toodet läbi moekirjelduse. Seejärel antakse ülevaade lõigete konstrueerimisest, dokumentatsiooni koostamisest ning prototüüpide valmistamisest. Tutvustatakse ka projekti jaoks vajalikke õmblustehnoloogiaid ning lõigete digitaliseerimise ja paljundamise protsessi.

Bakalaureusetöö käigus on tehniliste jooniste tegemiseks kasutatud Adobe Illustrator programmi. Dokumentatsioon on koostatud Microsoft Wordis. Lekaalidega töötamiseks kasutati Gerberi AccuScan digitaliseerimise tarkvara ning Gerber AccuMark Pattern Design programmi. Lõputöö käigus valminud prototüübid on valmistatud Taltechi Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituudi Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia õmbluslaboris. Kaalumiste jaoks kasutati Mettler Toledo MS3002TS kaalu, täpsusega 0,01 g.

1. TEKSTIILI- JA RÕIVATÖÖSTUSE KESKKONNAMÕJU

Tekstiilitööstusel on pikka aega olnud aina kasvav negatiivne mõju keskkonnale. Rõivasektor on vastutav 2-8% süsihappegaasi emissioonide eest globaalselt. Tekstiilitööstuses kasutusel olevad kemikaalid ja värvained on põhjuseks umbes 20% maailma veereostusest. [1;2]

Negatiivse keskkonnajälje põhjustamisel on eriti suur roll jäätmetel, mis selles sektoris tekivad. Euroopas kogutakse hetkeseisuga vaid 20% tekstiilijäätmetest eraldi, millest enamuse eksporditakse Ida-Euroopasse, Aiasse ning Aafrikasse. Väike osa suunatakse ümbertöötlusesse. Ülejäänud 80% läheb segaolmejäätmete hulka, mis kas ladestatakse või põletatakse. [1; 3]

Hinnanguliselt visatakse üle poolte soetatud kiirmoerõivastest ära enne ühe aasta möödumist. Aastas visatakse rõivaid ära hinnanguliselt 460 miljardi US dollari väärtuses. See hulk on nii suur eelkõige kiirmoetoodete halva kvaliteedi tõttu. Kiirmoetoodete puhul on kasutatavad materjalid üldiselt võimalikult odavad ja seetõttu ka enamasti madala kvaliteediga, mis tähendab, et isegi, kui need suunduksid ümbertöötlusesse, ei oleks võimalik nendest saada hea kvaliteediga uut kangast. [4; 2]

Tootmise tasandil on jäätmed samuti suur probleem. Enamik rõivaid valmistatakse tänapäeval veel juurdelõikuse meetodil. Sellise meetodiga rõivaste tootmisel läheb aga tavaliselt alati 10-30% kvaliteetset kangast raisku, mis tähendab suurt ressursside kulutamist. [5] Sellest probleemist tuleb täpsemalt juttu ka peatükis nr. 3.

Suur negatiivne keskkonnajalajalg, ekspuateriv nõudlus toormaterjalide vastu, madal rõivaste kvaliteet ning ääretu prügi hulk on praeguse rõivatööstuse karm reaalsus. Kõiki neid probleeme on võimalik aga minimaliseerida läbi ringmajandusliku mudeli.

2. RINGMAJANDUS

Ringmajandus tähendab jätkusuutlikku majandusmudelit, mis põhineb materjalivoo ringlemisel ja toote väärtuse püsimisel, vähendades seeläbi vajamineva tooraine hulka ja jäätmete tekkimist. [6] Ringmajandusliku tootmise põhimõttelist skeemi tekstiilivaldkonnas on näha joonisel 2.1.



Joonis 2.1. Ringmajandusliku tootmise ülesehitus tekstiilivaldkonnas [40]

Tekstiilitööstuse hetkelisest olukorrast päästmiseks ja jätkusuutlikuma sektori tagamiseks on vaja suuri ja laiaulatuslikke muutusi, mis hõlmaks nii tooteid ennast, materjali, tootmist, tarneahelat kui ka toodete kasutust. Ringset majandusmudelit toetavate toodete loomine algab nende disainifaasis. Selles faasis tuleks keskenduda viiele põhilisele aspektile – materjalide valik, tootmise efektiivsus, toote eluaja pikendamine, toote ümbertöödeldavus ning ka toote pakkumine teenusena, näiteks läbi rentimise, et inimesed ei peaks igat toodet omama. [3; 7]

Nagu ka eelnevas peatükis mainitud, tuleneb suur jäätmete hulk peamiselt ebakvaliteetsete riide tootmisest. Seega on jäätmete minimaliseerimiseks oluline

tähtsusega kvaliteetsete ja vastupidavate toodete disainimine, et tagada võimalikult pikk toote eluiga. [4]

Toote eluea pikendamises mängib suurt rolli materjalide valik. Seejuures peaks valima jätkusuutlikest ning ümbertöödeldud kiududest kangaid. Materjalide valikul ei tohi tähelepanuta jätta tootmises kasutatavaid kemikaale. Euroopasiseselt on kemikaalide kasutus rohkem reguleeritud, kuid väljaspool kasutatakse siiani aineid, mis võivad omada väga halba mõju nii inimesele kui ka keskkonnale. Samuti ei ole väljaspool Euroopat korralikult reguleeritud kemikaalide käitlemine pärast kasutamist, mistõttu jõuab suur osa neist veekogudesse. Neil põhjustel peab alati jälgima, kust kasutatavad materjalid tulevad ning mis aineid nende tootmisel kasutatud on. [3; 2]

Suurem osa Euroopas tarbitavatest rõivastest on toodetud Aasia riikides. Seal on aga seadused nii keskkonnamõjude, kui tööjõu osas reguleeritud palju leebemalt kui Euroopas, mis põhjustab väga palju kannatusi nii keskkonnale, kui sealsetele inimestele. Seaduste ja suurte brändide koostöös on väga oluline tekstiilitööstuse arenguks need negatiivsed aspektid kõrvaldada. Materjalide ja toodete kvaliteeti, nõuetele vastavust ning jätkusuutlikkust silmas pidades on oluline ka aina rohkem tootmist tuua Euroopasse ning kasutada Euroopas toodetud toormaterjale, mis vähendab siinsete brändide jaoks muu negatiivse mõju juures veel ka tarnele kuluvaid ressursse ning emissioone. Praegu on takistuseks Euroopas esinevad kõrgemad tööjõukulutused, mis vähendab paljude brändide motivatsiooni muutusteks, sest Euroopas tootes ei suuda nad võistelda kiirmoe poolt etteseatud ebarealistlikult madalate hindadega. [3; 8]

Järgmise sammuna toote elueas on väga olulised tarneahel ning kasutajad. Mida teadlikumad on kasutajad, seda pikemaks muutub toote kasutamise aeg. Toote kasutusaega saab pikendada näiteks rõivaste jagamise, rentimise ning taaskasutuse läbi. Siinkohal oleks aga oluline ka süsteemide loomine laiemal tasandil, et selliseid tegevusi populariseerida ning soodustada, mitte jääda lootma iga inimese enda teadlikkuse ja südametunnistuse peale. [3]

Kvaliteetsed pika elueaga tooted on just need, mis suudavad tekstiilitööstust jätkusuutlikkuse poole viia. Toote kasutusaega pikendamise läbi saab oluliselt vähendada üldist jäätmete teket, vähendada vajadust uute rõivaste järele ning seeläbi ka nõudlust tooraine vastu. Samuti väheneb niimoodi vajadus toetuda ümbertöötlustele, mis on tänapäeval veel väga raskendatud ning kallis protsess. Ümbertöötluste muudab raskeks väga täpse sorteerimise vajalikkus, suur kiulise koostise varieeruvus, mitmekiulise

koostisega kangad, lisafurnituurid, erinevad viimistlused ja kemikaalide sisaldus. See protsess vajab hetkel veel palju inimressurssi, just sorteerimise staadiumis. Lisaks suudetakse hetkel kvaliteetne tulemus tagada enamasti vaid ühekiuliste materjalide puhul. [3; 9]

3. TEKSTIILIJÄÄTMETE LIIGITUS

Tekstiilitööstuse jäätmed võib lugeda kaheks – tarbijaeelsed jäätmed ning tarbijajärgsed jäätmed. Tarbijaeelsed jäätmed on lõngade, niitide, kangaste ning toodete tootmisest üle jäänud materjalid. Samuti ka mittestandardised eksemplarid ning võimalik ületoodang. Tarbijajärgsed jäätmed on kasutatud rõivad ja tekstiilitooted. [5; 12; 13]

Antud töös keskendutakse tootmise analüüsi eesmärgina teoreetilises osas peamiselt tarbijaeelsetele jäätmetele, täpsemalt juurdelõikuse protsessist üle jäänud kangale, vaadates seda materjali seejuures mitte kui jäädet, vaid kui suure potentsiaaliga jääki.

Juurdelõikus on tootmistsükli üks esimesi protsesse, mille käigus kas manuaalselt või automaatselt lõigatakse lekaalide järgi kangast välja vajalikud tootedetailid. Selle protsessi käigus tekib 10-30% kangajääke. Jääkide tekke protsent oleneb lekaalide omavahelisest sobitumisest kangale ning ka kanga laiuselt. [5; 14]

Keskmine kogus kangast, mis toote valmistamisel juurdelõikuse protsessis kaotsi läheb, on 18%. Tegemist on aga täiesti kvaliteetse kangaga, millele ei ole lihtsalt enam originaalseid lekaale võimalik mahutada. Enamasti läheb see kangas aga lihtsalt jäätme näol põletamisele või prügimäele. [10; 13]

4. VÕIMALUSED JUURDELÕIKUSJÄÄKIDE KASUTAMISEKS

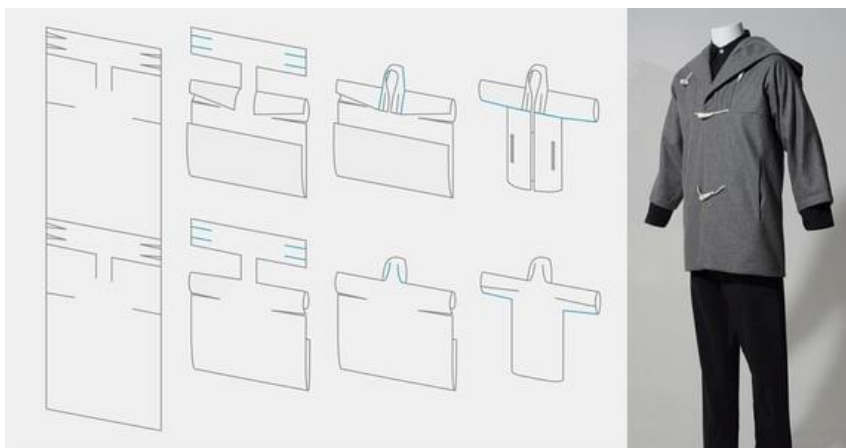
Juurdelõikusjäädetele on aga mitmeid lahendusi, kuidas neid tarbijaelseid kangajäätmeid rakendada või töödelda, et neid ei peaks jäätmetena põletama või ladustama.

4.1 Juurdelõikusjäädete vähendamine

Esimene viis kangajäädete teket vähendada on tõhusa lekaalide paigutusega kangale nii, et kasutamata kangaosa tekiks võimalikult vähe. Siiski ka parima lekaalide sobitumise juures on kanga kadu tavaliselt minimaalselt 10%. [5; 15]

Kanga kasutuse maksimaliseerimiseks on võimalik kangale paigutada näiteks ka järgmise partii jaoks väiksemaid lekaale, mis mahuvad kohtadesse, kuhu terve toote jaoks vajalikud lekaalid enam ei mahu. Samuti on võimalik kanga koostise sobitumise puhul paigutada sinna ka mõne teise toote lekaale. Siinkohal on vaja lihtsalt läbimõeldud disaini ja tootmist ettevõtte poolt. [16]

Veel on disainimaailmas aina rohkem populaarsust koguma hakanud selliste toodete loomine, mille valmistamisel ei tekigi ühtegi kangajääki. Selliste toodete lekaalid on loodud viisil, kus lekaalide kuju võimaldab kangalepaigutust nii, et jääke ei jää. Tooted, mille puhul on sellist disaini kõige lihtsam luua, on kleidid, seelikud ning kimono tüüpi jakid. [17] Nulljäädete tootest ning selle lekaalidest on näidist näha joonisel 4.2.



Joonis 4.2. Nulljäädete tootest ning selle lekaalidest [41]

Tänapäeva tehnoloogia abil on välja mõeldud ka uudsed viisid, kuidas tarbijaeelsete jäätmete teket üldsegi vähendada. Toote valmistamine poolregulaarsel ja regulaarsel viisil ning integraaltoodete kudumine vähendab oluliselt tarbijaeelsete jäätmete teket. Poolregulaarsel viisil kootakse ring- või lamekoelised toorikud ehk kupongid, mis juurdelõikusoperatsioonide abil tootedetailideks kujundatakse. Sellise tehnoloogiaga saab juurdelõikuse jääke vähendada 2-5%. Regulaarsel viisil pole aga juurdelõikusprotsess enamasti üldse vajalik. Tootedetailid kootakse vajalikul kujul valmis ning ühendatakse. Integraaltoodete puhul kootakse masinaga toode valmis ühes tükis ning peale juurdelõikuse pole enamasti vaja ka õmblusoperatsioone. Tooted, mida on antud meetoditega võimalik luua, on hetkel veel limiteeritud. Need meetodid on sobilikud kudumite jaoks ning enamasti luuakse kampsuneid või kleite. [18; 19]

4.2 Juurdelõikusjääkide kasutamine

Järgmine viis, kuidas on võimalik viia tootmises kõrvaldamisse minevate materjalide kogus minimaalseks, on toote valmistamine juurdelõikuse protsessist üle jäänud kangatükkidest. Sellised tooted koosnevad palju enamast eraldi detailist kui tavalise juurdelõikuse puhul. Seetõttu nõuab antud meetod väga läbimõeldud detailide paigutust ning õmblustehnoloogiat. See on aga väga efektiivne meetod kangajääkide maksimaalseks utiliseerimiseks kõige väärtuspakkuvamal moel. Uue kanga valmistamise asemel kangatükkidest toote valmistamisel on keskmiselt võimalik säästa 80% vett ning vähendada CO₂ emissioone samuti 80% võrra. [10; 11; 20]

4.3 Juurdelõikusjääkide ümbertöötlemine

Järgnevad meetodid, mida saab tarbijaeelsete jäätmete utiliseerimiseks kasutada, on mehaaniline ja keemiline ümbertöötlus. Siinkohal ei leia kangas kasutust aga enam oma algupärasel kujul, vaid see töödeldakse ümber ning see saab uue kuju. Mehaanilise või keemilise ümbertöötamise protsessi on hea edasi suunata kangajäätmed, mis on liiga väikeste mõõtmetega, et neid enam kuskil mujal kasutada saaks.

Mehaanilise ümbertöötamise puhul tekstiilid purustatakse ja valmistatakse kiududest uus kangas või kasutatakse kiudusid mõnes madalama väärtusega tootes, nagu näiteks puhastuslappide või komposiitmaterjalide koosseisus. Mehaanilise ümbertöötamise miinuseks on kiu lühenemine ning seega ka kiu tugevuse vähenemine. Seepärast ei saa kiudusid mehaanilisel teel lõpmatult ümber töödelda. Kiu kvaliteedi vähenemise tõttu ei kasutata veel tänapäeval pea üldse 100% taaskasutatud kiududest tehtud tekstiilitooteid. Küll aga kasutatakse juba aina rohkem taaskasutatud kiudusid toodetes lisandina, kuid tavaliselt jääb nende sisaldus tekstiilitoodetes kuni 20% juurde. [21; 22; 23]

Tekstiilijäätmete keemilisel ümbertöötlemisel need kas purustatakse molekulaarsel tasandil või viiakse läbi lähteaine polümeriseerimine. Seejärel formuleeritakse uued kiud, millest saab valmistada kangast. [10] Keemiline ümbertöötlemine on palju uuem tehnoloogia kui mehaaniline ümbertöötlemine ja seega on see tehnoloogia veel vähearenenud ning kallis, leides hetkel veel vähem kasutust. Samuti on siinkohal tõkkeks protsessis kasutatud kemikaalid. Keskkonna kahjustamise vältimiseks peaks kasutatavaid kemikaale hoolikalt valima ning tagama nende mitmekordne kasutus. [22]

Ümbertöötlemisel jääb kiule värvus alles, seega saab tekstiilijäätmetest regenereeritud kiudude tootmisel värvimisprotsessi pealt kokku hoida hulganisti vett ja energiat. See on väga positiivne aspekt tekstiilijäätmete ümbertöötlemise juures, sest tekstiilitoodete tootmisel on värvimisprotsessil keskkonnale kõige negatiivsem mõju. Uuringus on leitud, et keemilise ümbertöötlemise käigus võib kiu värvus muutuda isegi erksamaks ja ühtlasemaks. Seda põhjustab värvi ühtlane jaotus homogeenses segus enne ketrusprotsessi. Samal põhjusel märgiti ka ümbertöödeldud kanga paremat värvipüsivust hõõrdumisele. [12; 24]

Mõlema ümbertöötlemistehnoloogia puhul on takistuseks toote kiuline koostis. Hea tulemuse saab puhaste kiudude puhul, nagu 100% puuvill või 100% polüester. Selliste kangaste ümbertöötlemisel, mille sisalduses on mitu erinevat kiudu, ei ole aga tänapäevaste tehnoloogiatega võimalik veel saavutada kõrgkvaliteetset tulemust. Seega lõpetavad need kiud enamasti isolatsioonimaterjalide ning puhastuslappide koosseisus. [22]

Kui vaadata mehaanilist ja keemilist ümbertöötlust, siis tarbijaeelsed jäätmed nagu näiteks juurdelõikusest üle jäänud kangad on tegelikult nende protsesside jaoks oluliselt sobilikumad, kui tarbijajärgsed jäätmed. Põhiliselt just seetõttu, et tarbijaeelsetel jäätmetel puuduvad lisaelemendid nagu lukud, nõöbid ja trukid. Tekstiili

ümbertöötlemiseks on eelnevalt vaja kõik need elemendid manuaalselt eemaldada, mis on väga keeruline ning ajamahukas töö. Samuti puuduvad kangajääkidel õmblusniidid ning etiketid, mis kangast erineva kiulise koostise puhul samuti raskendavad ümbertöötlusprotsessi ning madaldavad kiu kvaliteeti. Seda just eriti keemilise ümbertöötamise puhul. Veel tuleb mainida, et tarbijajärgsete tekstiilide ümbertöötlusel saadakse halvema kvaliteediga kiud, sest tarbijapoolne kasutus ning hooldamine halvendab juba omalt poolt kiudude omadusi. [10; 25; 26]

Tekstiiljääkidele kasutuse andmine säästab rohkem kasvahoonegaase kui paberi, plastiku ning klaasi ümbertöötlemine kokku. Seda seetõttu, ei tekstiiljäätmete hulk on niivõrd suur ning materjalide ümbertöötlemise tehnoloogiad on veel keerulised ning ressursimahukad. Seega jääkide tekke vähendamine ning utiliseerimine on parimad viisid, kuidas säästa materjale, vähendada keskkonnamõjutusi ning vältida jääkide muutumist jäätmeteks. [27]

5. KANGAJÄÄKIDELE VÄÄRTUST ANDEV DISAIN

Käesolevas peatükis käsitleme ettevõtteid ja disainereid, kes juba on võtnud kasutusele kangatükkidest uute rõivaste loomise tehnoloogia. Esimesena tasub välja tuua Eesti rõivabrändi Reet Aus, mida juhib samanimeline Eesti disainer. Ettevõtte kasutab oma tootmises teiste brändide juurdelõikuse protsessi jääke, ületoodangut ning praaktoodangut. Tootmine toimub Bangladeshis ning Poolas, kasutades nende tehaste kohalikke jääke.

Kuulsaks on saanud bränd eelkõige enda signatuur noolega t-särkidega (vt. joonis 5.3). Tootevalik on aga oluliselt suurem. Kangatükkidest valmistatud toodetest on neil valikus veel dressipluuse, triiksärke, kleite, teksapükse, seelikuid, mantleid ning aksessuaare. Samuti on ettevõtte oma tootevalikusse lisanud ka taaskasutatud kiududest toodetena erinevaid kudumeid ning teksapükse. Lisaks tegelevad nad ka klientide toodud teksapükside parandusega, et pikendada pükste eluiga. Samuti saavad ettevõtted või ühingud tellida enda soovitud disainiga kangajääkidest tehtud t-särke, dressipluuse või kleite. [28]



Joonis 5.3. Reet Ausi signatuur kangajääkidest noolega t-särk [42]

Reet Aus on lisaks enda brändi loomisele, välja mõelnud ka tarkvara nimega UPMADÉ, mille abil saavad ka teised rõivabrändid luua enda kangajääkidest uusi tooteid. Tarkvara abil on võimalik maksimaliseerida jääkide kasutust ning jälgida terve protsessi vältel keskkonnamõjusid. Samuti sertifitseeritakse seejuures tehaseid, kes on suutelised UPMADÉ tehnoloogial rõivaid tootma. [11]

Eesti disainer Eve Hanson, kelle loomingusse kuuluvad tavaliselt enamjaolt t-särgid, kleidid, püksid, mantlid ning ehted, on samuti liikunud jätkusuutlikuma moe poole. 2020.aastal loodud kollektsioon koosneb täielikult kangajääkidest valmistatud üksikeksemplaridest. Antud kollektsiooni loomise abil sai disainer kasutusse tuua oma kaubamärgi alla kahe aasta jooksul kogunenud kangajäägid. [29]

Zero Waste Daniel on USA-s, New Yorgis baseeruv rõivabränd, mis kasutab oma loomingus ainult teiste ettevõtete kangajääke. Ettevõtte kasutab ära absoluutselt kõik kangatükid, mis nende juurde satuvad, ükskõik kui väikesed need tükid on. Kõik rõivad on valmistatud alles peale kliendi tellimuse sisseandmist nende New Yorgi studios. Tooteportfellis on neil t-särke, dresse, kleite, lühikesi ning pikkasid pükse ja erinevaid aksessuaare. Kõik tooted on lisaks ka sooneutraalsed. Brändi ühest dressipluusi disainist on näidet näha joonisel 5.4. [10]



Joonis 5.4. Zero Waste Danieli kangajääkidest dressipluus [43]

Hyer Goods on USA tekstiiliettevõtte, mis loob nahast kotte, rahakotte ning aksessuaare. Kõik tooted on valmistatud India ettevõttes, kasutades nende kohalike jääke. Suuremate toodete puhul kasutatakse praak- või ületoodangu tõttu üle jäänud nahka. Väikesemamõõtmeliste toodete puhul kasutatakse juurdelõikuse jääke. Ettevõtte on oma platformil loonud klientidele ka võimaluse nende juurest ostetud tooteid oma kodulehel edasi müüa, kui klient tootele enam kasutust ei leia. 100% müügitulust läheb kliendile poekrediidi näol. [30]

UK-s baseeruv disainer Bethany Williams kasutab oma loomingus samuti kangajääke. Tooted valmistatakse tema Londoni studios kohapeal ning iga toode on omapärane ja kordumatu. Selline tootmine tuleb aga oma hinnaga. T-särgi hinnaks on 400£, püksid (vt. joonis 5.5) maksavad keskmiselt 1000£ ning jakkide hinnad algavad 1300£ juurest. Disainer fokuseerib palju ka teiste brändide konsulteerimisele, et keskkonnateadlikku disaini rohkem populariseerida. Samuti on mitme kollektsiooni kasumist 20% annetatud heategevusse. [31; 32]



Joonis 5.5. Bethany Williamsi kangajääkidest püksid [44]

6. ETTEVÖTTE ANDROGEAR OÜ TUTVUSTUS

Androgear OÜ on rõivaettevõtte, mille esimesteks toodeteks on sooneutraalsed bokserid. Tooteid leidub kolmes eri pikkuses – lühikesed, keskmised, pikad. Esmases kollektsioonis esineb neli erinevat värvi. Suurused ulatuvad XS-st 3XL-ni. *androgeari* tootevalikut on näha joonisel 6.6.

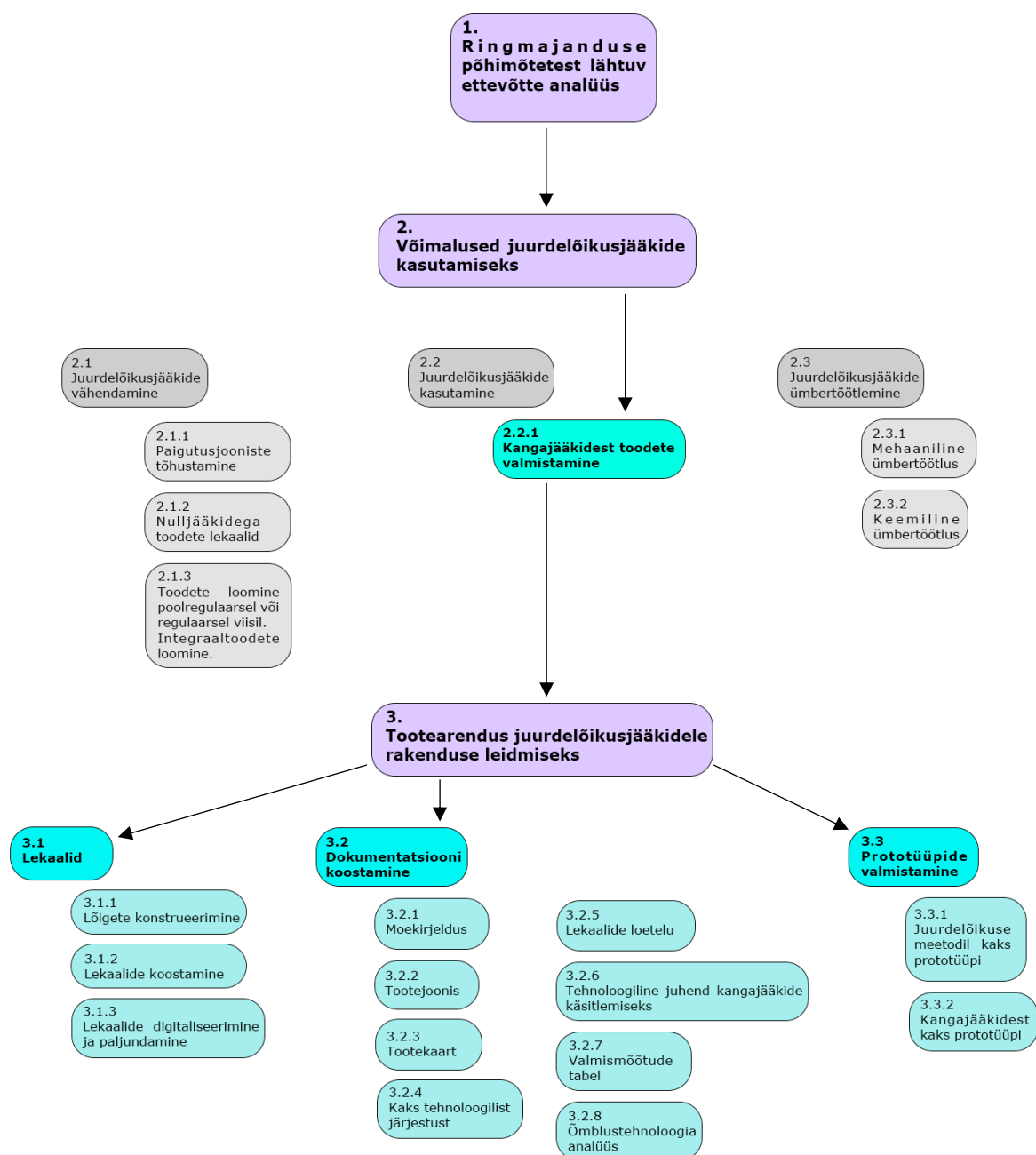


Joonis 6.6. *androgeari* tootevalik

Bränd on teinud teadliku valiku teha kõik enda tooted sooneutraalsetena. See valik tähendab *androgeari* jaoks rohkemat, kui tavaliste moebrändide unisex mudelid, mis on mõeldud sobima nii naistele kui meestele. Brändi üks peamisi eesmärke on tagada tooteid, mis oleksid mugavad ning saaksid käia kooskõlas ka teiste sooidentiteetidega inimeste, nt trans ja mittebinaarsetele inimeste eneseväljendusega.

7. ETTEVÖTTE ANDROGEAR OÜ TOOTMISMUDELI ANALÜÜS NING VÕIMALIKUD LAHENDUSED TOOTMISJÄÄKIDE KASUTAMISEKS

Järgnevalt suundutakse edasi bakalaureusetöö praktilise osa juurde. Joonisel 7.7 on näha kõikidest praktilise osa tegevustest plokk skeemi. Antud peatükis analüüsitakse ettevõtte Androgear OÜ tootmismudelit lähvuvalt ringmajanduse põhimõtetest ning antakse *androgeari* näitel ülevaade viisidest, kuidas kasutada ära tootmises tekkivaid kangajääke.



Joonis 7.7. Skeem praktilise osa tegevustest

7.1 Ringmajanduse põhimõtetest lähtuv ettevõtte analüüs

Ettevõtte esmases kollektsioonis kasutatakse kahte eri koostisega kangast. Ühevärvilised aluspüksid on valmistatud trikotaažist koostisega orgaaniline puuvill 95%, elastaan 5% ning mustriilise kanga koostiseks on bambusviskoos 95%, elastaan 5%.

Brändi *androgear* bokserite ülaosas on 40 mm laiune kummipael, koostisega polüester 55%, nailon 12%, naturaalne lateks 33%, millel on trükitud brändi logo. Kummipaela sisepoollele on disainitud pehmem materjal, et tagada hea istuvus, nahasõbralikkus ning mugavus. Bränd kasutab valgendamata naturaalvalget kummipaela, et hoida ära valgendamise protsessis kasutatavate kemikaalide poolt põhjustatavat negatiivset keskkonnamõju.

Bokserite valmistamisel kasutatakse kolme erinevat pistetüüpi – *flatlock* õmblust kangadetailde ühendamiseks, süstikpistet kummipaela ringseks õmblemiseks, kummipaela algseks ühendamiseks pükste ülaääre külge ja tekstiiletiketi ühendamiseks ning kätteõmblust allääre ning kummipaela töötlemiseks.

Toote eluea pikendamiseks on ettevõtte enda materjalide valikusse pannud väga palju tähelepanu. Valitud on võimalikult jätkusuutlikud ja kvaliteetsed materjalid, mis vastavad Global Organic Textile Standard ning Öko-Tex sertifikaatidele ning on toodetud Euroopas. Lühikese ja läbipaistva tarneahela tagamiseks on eelistatud väiksemaid koostööpartnereid, kes on kõik pärit Euroopast. Tooted ise on disainitud ja õmmeldud Eestis. See tagab, et keskkonnahoiu ja tööjõu õiglase kohtlemise poolest on kõik reguleeritud. Eestis tootes on ka transpordile kuluvad ressursid võimalikult väikesed. Hetkel ei ole võimalik brändil ringsema ettevõtluse tagamiseks pakkuda toodete rentimise teenust, sest tootevalikus on praegu vaid alusrõivad.

Toote elutsüklit tuleb vaadelda ka peale selle kasutuskõlbmatuks muutumist. Tegemist on kahekiuliste kangastega, mis võib veidi mõjutada ümbertöötamise kvaliteeti, kuid elastaani sisaldus on seejuures vaid 5%. Sorteerimist raskendab veidi kummipael, kuid seda on pükste küljest lihtne eraldada. Selleks peab lihtsalt katki lõikama kätteõmbluse ja süstikpiste ning seejärel saab seda eraldi edasi töödelda. Toote küljes on ka tekstiiletikett. See näitab sorteerimise lihtsustamiseks ära kanga koostise. Kuna etikett on kinnitatud eraldi õmblusega, on ka seda kerge eemaldada.

Ettevõtte näeb, et suurim probleem nende tootmises on see, et lekaalide paigutusjooniste efektiivsus on keskmiselt vaid 75%. See tuleneb antud bokserite lekaalide eripärast ning paigutusjoonistega ei ole võimalik antud toodete puhul kanga kasutust efektiivsemaks muuta. See aga tähendab, et 25% kangast ei saa kasutada tavapärasel viisil toodete loomiseks. Tekivad kangatükid, mis on täiesti kvaliteetsed, kuid nende mõõtmed on lihtsalt väiksemad, kui lekaalid, mida neile soovitakse paigutada. Sellel põhjusel läheb see kangaosa aga rõivaettevõtetes enamasti lihtsalt segaolmejäätmete hulka.

See tähendab, et 25% kogu toormaterjalist, veest ning energiast, mis kanga kudumisprotsessi kulus, läheb lihtsalt kaotsi. Samuti oleks seega 25% kemikaalidest ning värvimisest põhjustatud negatiivsetest keskkonnamõjudest võimalik ära hoida. Lisaks on see ka suur rahalise ressursi raiskamine. [10; 11]

Androgear OÜ näeb, et juurdelõikusjääkide vähendamine või nende utiliseerimine on hetkeseisus see esmane ja kõige vajalik samm, mida ettevõtte saab teha, et muuta enda tootmist ringsemaks, keskkonnasõbralikumaks ning ressursiefektiivsemaks.

7.2 Tootmisjääkide kasutamise võimalused Androgear OÜ näitel

Analüüsidest koos Androgear OÜ ettevõttega peatükis 4 toodud võimalusi kangajääkide utiliseerimiseks jõuti arusaamale, et parim variant Androgear OÜ jaoks oleks kangajääkide ära kasutamine uute toodete valmistamiseks.

Brändi bokserite puhul on lekaalide paigutus kangale muudetud nii efektiivseks, kui antud lekaalide puhul võimalik on. Nulljääkidega lekaale ei ole võimalik antud bokserite juures rakendada. Samuti ei ole neid võimalik luua poolregulaarsel ega regulaarsel viisil või integraaltootena, et jääkide teket vähendada. Need meetodid sobivad hetkel vaid kudumite jaoks.

Kuna Eestis ei ole võimalik tekstiile veel efektiivselt ümber töödelda, siis ei ole ka seda varianti võimalik kaaluda. Brändi *androgear* bokserite lekaalide paigutusjoonistelt tuleb välja, et nende toodete puhul on keskmine kadu juurdelõikuse protsessis 25%, mis on üpris suur protsent. Lisaks on tegemist kvaliteetse kangaga, mida oleks mõistlik ära

kasutada võimalikult väärtustandval viisil. Nendel põhjustel on parim võimalus need kangajäägid suunata uue toote valmistamisse.

Bokserite valmistamise juurdelõikuse protsessist üle jäänud kangatükid on erinevate mõõtmete ja kujuga. Tegemist on trikotaažkangaga, mille tükid sobiksid näiteks t-särgi, alussärgi, pidžaamapükste, lühikeste pükste, pearätiku või pesu hoiustamise koti valmistamiseks.

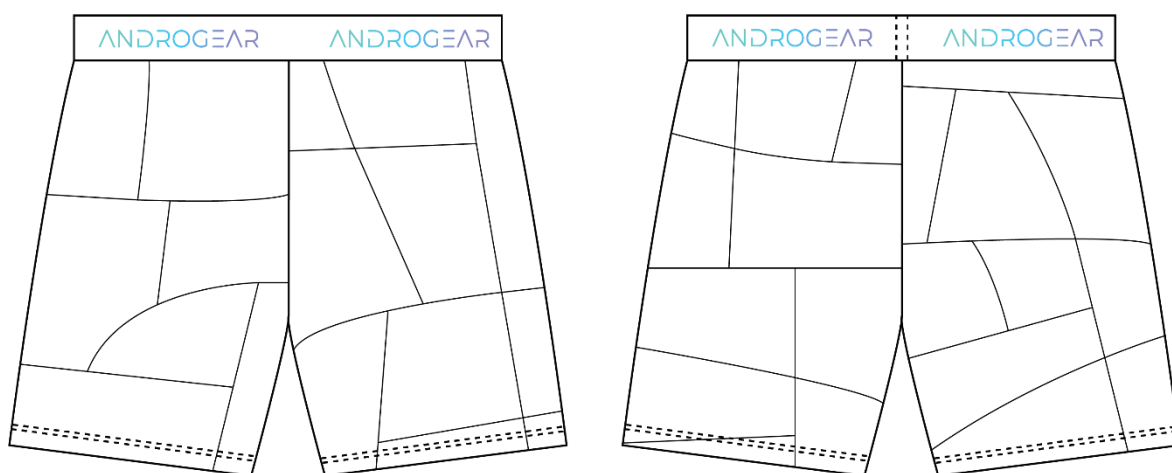
Ettevõtte jaoks oleks praegusel hetkel sobivaim toode lühikesed püksid. See rõivaese läheb kokku brändi imidžiga ning eeldatavalt ka klientuuri soovidega toote tüübi ja välimuse osas. Samuti saaks lühikeste pükste puhul kasutada brändi signatuur kummipaela. Seega töötatakse lõputöö praktilises osas välja toote jaoks vajalik dokumentatsioon, lekaalid ning luuakse ka prototüübid, et antud lühikeste pükste abil oleks võimalik rakendust leida võimalikult suurele osale tootmisjääkidest.

8. TOOTEARENDUS ANDROGEAR OÜ JUURDELÕIKUS- JÄÄKIDELE RAKENDUSE LEIDMISEKS

Käesolevas peatükis antakse ülevaade terve tootearenduse protsessist, mis viidi läbi, et töötada Androgear OÜ jaoks välja toimiv tootmismudel ning kvaliteetsed lühikesed püksid, mille tootmisel saaks ettevõtte leida rakendust enda juurdelõikusjääkidele.

8.1 Moekirjeldus

Antud bakalaureusetöö käigus valmivate pükste kirjeldamiseks on koostatud pükstest moekirjeldus. Antud moekirjelduse illustreerimiseks on koostatud ka tootejoonis (vt joonis 8.8).



Joonis 8.8. Tootejoonis (joonisel on tegemist illustratiivse kangajääkide kuju ja asukohaga)

Loodud lühikesed püksid on mõeldud igapäevaseks kandmiseks. Tegemist on sooneutraalse tootega, mis on eelkõige suunatud inimestele vanuses 14-50 aastat. Suurused ulatuvad XS-st 3XL-ni.

Püksid on loodud *androgear* bokserite juurdelõikuse jääkidest, mille materjalideks on trikootaž koostisega orgaaniline puuvill 95%, elastaan 5% ning bambusviskoos 95%, elastaan 5%. Tegemist on hästi niiskust imavate, hingavate ning pehmete kangastega. Kangajäägid on neljas erinevas värvis. Seejuures esineb 3 ühevärvilist varianti – must, türkiis, lavendel ning üks sini-roheline abstraktmuster. Lühikesed püksid valmistatakse

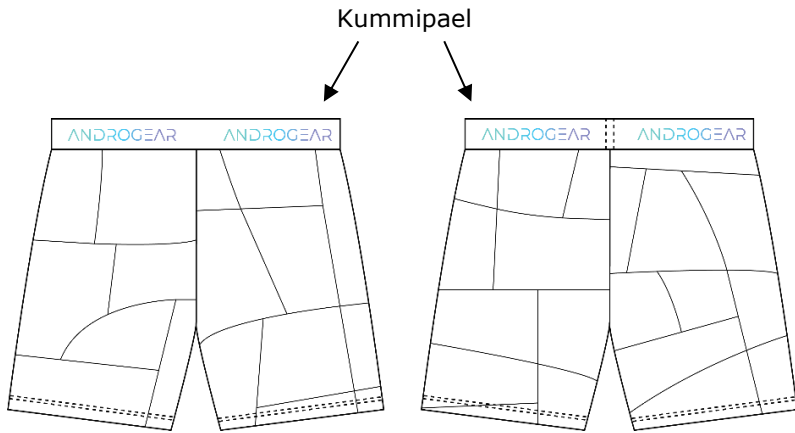
varieeruvalt, kasutades ühe toote puhul kas ainult ühte või mitut erineva disainiga kangast.

Toode on avara lõikega. Pükste ülaosas on 40mm laiune kummipael koos trükitud brändi logoga. Kummipael tagab vööjoonel hea istuvuse. Samuti on kummipaela sisepoolele disainitud pehmem materjal, et tagada kandjale mugavus.

8.2 Dokumentatsiooni koostamine

Vajaliku dokumentatsiooni loomise protsessi kuulusid tootejoonise, tootekaardi ning moekirjelduse loomine. Veel loodi TalTech Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia õmbluslabori võimalustel ja masinatel põhinevad tehnoloogilised järjestused. Seejärel koostati ka lühikeste pükste jaoks lekaalid.

Tootejoonis, tootekaart ning moekirjeldus loodi eesmärgiga anda selge ja detailne ülevaade loodavast tootest. Tootejoonis (vt. joonis 8.8) koostati digitaalselt kasutades Adobe Illustrator programmi. Eelnevas alapeatükis ära toodud moekirjeldus annab ülevaate pükste disainist, materjalidest, põhiomadustest ja detailidest. Tootekaart (vt. joonis 8.9) sisaldab endas põhilist informatsiooni, mille põhjal oleks võimalik korraldada antud toote tootmisprotsessi. Tootekaardil on toodud tootejoonis, põhilised parameetrid ning toote valmistamise tehnoloogia lühikirjeldus.

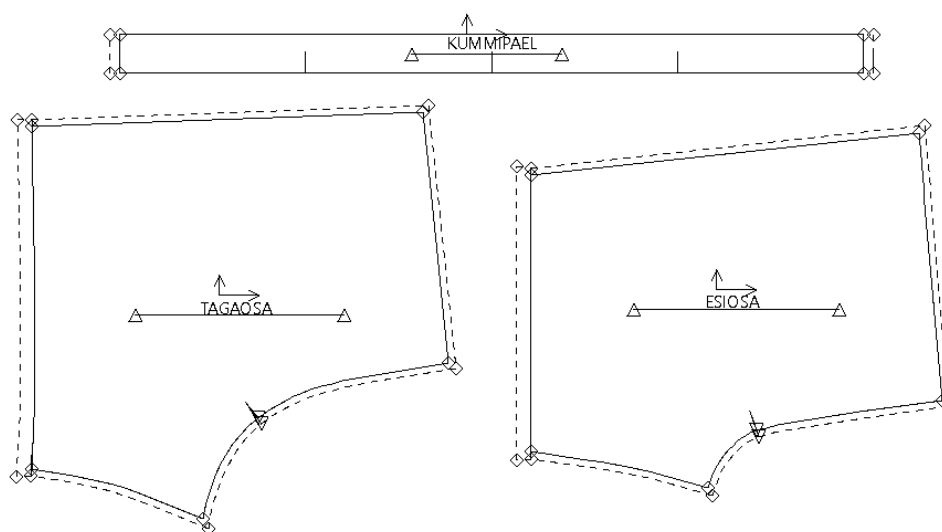
HOOAEG	suvi / 2022	Töösse antud	
TOOTELIIK	lühikesed püksid	Valmimise tähtaeg	
MUDELI NUMBER	001LJ	Disainer	androgear
MUDELI NIMI	lühikesed püksid kangajääkidest	Suurused	XS, S, M, L, XL, 2XL, 3XL
MUDELI SUURUS	M	Eri mudelid	-
Materjal - koostis	orgaaniline puuvill 95%; elastaan 5% + bambusviskoos 95%; elastaan 5%	Materjal - värvus	must, türkiis, lavendel, sinine muster
Kummipael	laius: 40 mm, koostis: polüester 55%, nailon 12%, naturaalne lateks 33%		
<p style="text-align: center;">Kummipael</p>  <p>joonisel on tegemist illustratiivse kangatükkide kuju ja asukohaga</p>		<p>Tehnoloogia:</p> <p>ÕMBLUSVARU Kangatükkide ühendamisel õv 0,7 cm Detailide ühendamisel õv 0,7 cm Ülaääre töötlemisvaru 0,7 cm</p> <p>DETAILIDE ARV Vasak ja parem esiosa Vasak ja parem tagaos</p> <p>KUMMIPAEL Kummipaela ringseks ühendamisel õv 1,0 cm</p> <p>ALLÄÄR Allääre pöördevaru 2,0 cm Õmbluse kaugus murdejoonest 1,5 cm</p>	
		<p>TEKSTIILETIKETT Tekstiiletikett materjali koostise ja hooldusjuhustega kinnitada seljakeskjoonele kummipaela allääre külge</p>	

Joonis 8.9. Tootekaart

Enne prototüüpide valmistamise protsessi koostati toote töötlemise tehnoloogiline järjestus. Tehnoloogiline järjestus annab täpse ülevaate toote õmblemiseks vajaminevatest operatsioonidest, seadmetest ning tehnilistest tingimustest. Esimesena koostatud tehnoloogiline järjestus (vt. Lisa 1) annab ülevaate juurdelõikuse meetodil õmmeldava prototüübi loomise jaoks vajalikest operatsioonidest. Antud järjestuse põhjal valmistati esimesed kaks prototüüpi. Teine tehnoloogiline järjestus (vt. Lisa 2) on loodud kangajääkidest toote valmistamise jaoks. Selle põhjal valmistati lõputöö raames kaks kangajääkidest prototüüpi. Teist tehnoloogilist järjestust järgides on võimalik läbi viia ka lõplik tootmine.

8.3 Lõigete konstrueerimine

Järgnevalt tuli konstrueerida toote lõiked ning valmistada lekaalid (vt. joonis 8.10). Koostati ka lekaalide loetelu (vt. Lisa 3). Antud lõputöö raames loodi lõiked autorile sobilike olemasolevate lühikeste pükste põhjal. Meelepärase disaini saavutamiseks viidi siiski sisse mõningad muudatused. Korrektiividena lühendati pükste säärt 3 cm võrra, jäeti ära originaalpükstel olevad küljedetailid ning laiendati sellevõrra esi- ning tagadetaili mõõtmeid. Samuti asendati pükstel olev värvel ja kummipaer *androgear* trükitud logoga 40 mm laiuse kummipaelaga.



Joonis 8.10. Leekalid (M suurus)

8.4 I prototüüp

Prototüüpide valmistamisel Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia õmbluslaboris kasutati kolme erinevat masinat: 4-niidiline äärestusmasin, universaalmasin ning kattermasin. Äärestusmasinaga õmmeldi kangatükkide omavahelised ühendused, küljeõmblused ning esi- ja tagakeskömblused. Olemasolev tehnoloogia oli sobilik kvaliteetse tulemuseni jõudmiseks. Universaalmasinal kasutati süstikpistet, et ühendada ringseks kummipaer. Esmase prototüübi (vt. joonis 8.11) puhul õmmeldi kummipaer ringseks kattes ühe serva teise servaga 1,0 cm võrra ning õmmeldes üle kaetud osa nelinurkse õmblusega. Tulemust analüüsid leiti, et parem oleks kvaliteetsema ning esteetilisema tulemuseni jõudmiseks ühendada kummipaela servad, asetades paremad pooled vastamisi ning sooritades ühendusõmblus 1,0 cm kauguselt. Seejärel kinnitatakse

õmbelusvaru lahku kummipaela pahemale poolele, õmmeldes 0,5 cm kauguselt. Sellisel viisil tagatakse ilusam tulemus ning vähendatakse kummipaela servade omavahelist nihkumist õblemise ajal. Antud muudatus viidi sisse ka tehnoloogilisse järjestusse.

Kattemasinat kasutati prototüüpide õblemisel kahes etapis: allääre töötlemisel ning kummipaela ühendamisel pükste ülaääre külge. Allääre pöördevaru kinnitamisel kattemasinaga kasutati õige pöördevaru saavutamiseks magnetpiirajat. Antud tehnoloogilise sõlme läbiviimisel ei tekkinud õmblustehnoloogiaga probleeme ning saavutati kvaliteetne tulemus.

Kummipaela ühendamine pükste ülaääre külge osutus aga eeldustele kohaselt kõige keerulisemaks aspektiks prototüübi valmistamise juures. Antud operatsiooni sooritamiseks oli vaja kattemasinale moodustada juurde lisaseade. Selleks ühendati omavahel kaks metallist piirajat, millest üks suunas pükste ülaäärt ning teine hoidis õigel kaugusel kummipaela. Siiski, isegi koos käesoleva lisaseadmega oli antud tehnoloogilise sõlme läbiviimine raskendatud, sest kummipaela ühendamine nõudis õblemisega üheagselt kummipaela venitamist suurel määral. Aeglase ning kontrollitud õblemisega oli aga võimalik antud operatsioon kvaliteetselt sooritada ning vältida materjalide omavahelist nihkumist.

Pärast esmase prototüübi valmimist hinnati toote juures ka lõigete sobivust. Valminud lühikeste pükste istuvus oli üldjoontes hea. Siiski otsustati lõigetes sisse viia mõningad väiksemad muudatused. Pükste pikkust vähendati 4 cm võrra vööjoone poolt. Vööümberrõõtu vähendati 6 cm võrra ning allääre ümberrõõtu vähendati 5 cm võrra. Esiosa kubemekaare pikkust vähendati 2 cm võrra.

Esmase prototüübi visuaalset poolt analüüsidest otsustati järgneva prototüübi õblemisel ära hoida kroogete teket esi- ning tagakeskjoonel 6 cm ulatuses ja küljejoontel 4 cm ulatuses. See tähendab, et need piirkonnad õmmeldakse ilma kummipaela pingutamata. Nii saab tagada parema silueti ning esteetilisema üldtulemuse. Modifitseeritud lõigete järgi õmmeldi veel üks juurdelõikuse meetodil loodud prototüüp, et kontrollida lõigete sobivust. Seejärel liigutakse edasi kangajääkidest prototüüpide valmistamise juurde.



Joonis 8.11. I prototüüp (M suurus)

8.5 Kummipaela töötlemine

Esimese prototüübi valmistamise käigus selgus, et projekti käigus valmivate lühikeste pükste juures on kõige keerulisemaks tehnoloogiliseks sõlmeks kummipaela ühendamine pükste ülääre külge. Antud operatsioon nõuab tootmises spetsiaalseid masinaid ja lisaseadmeid. Järgnevates alapeatükkides on välja toodud erinevad viisid, mida kasutatakse tootmises kummipaela kanga külge ühendamiseks. Seejuures saab neid meetodeid võrrelda projekti raames kasutatud tehnoloogiaga, mida on kirjeldatud peatükis 8.4. Antud analüüs ning võrdlus on olulise tähtsusega, sest erinevaid meetodeid kasutades erineb oluliselt ka operatsiooni töötlemise aeg. Ajaline ressurss on tootmises väga suur faktor ning ressursside efektiivistamine on üks ringmajandusliku tootmise tagamise tähtsaid aspekte.

8.5.1 I meetod

Antud alapeatükis on välja toodud esimene meetod, mida kasutatakse tootmises kummipaela ühendamiseks pükste ülääre külge. Sellisel meetodil ühendab kummipaela näiteks Eesti õmblusvabrik, kus valmivad antud projekti kaasatud ettevõtte *androgear* bokserid.

Kummipael ühendatakse esmalt peale ringseks ühendamist pükste ülääre külge süstikpistega universaalmasinal. Olenevalt kummipaela ja pükste vööosa übermõõtude suhtest võib olla vajalik kummipaela samaaegne venitamine. Pärast süstikpiste sooritamist kinnitatakse kummipael veelkord kattermasinaga nii, et üks nõel õmbleb täpselt süstikpiste pealt.

Meetod ei ole kvaliteetse töö tagamiseks ideaalne, sest süstikpiste on jäik õmblus ning seega võib see toote kasutamisel puruneda. Süstikpiste purunemine ei mõjuta sellisel juhul katteõmbluse tugevust ega toote kvaliteeti. Siiski võib see kliendile jätta kvaliteedist kaheldava mulje.

Samuti nõuab antud tehnoloogia üpriski kogunud õmblejat. Raskusi võib esineda materjalide omavahelise nihkumise ennetamisega. Samuti on keeruline kattermasinaga täpselt süstikpiste pealt õmmelda. Veel tuleb antud meetodi juures arvestada, et kahekordne õmblus tähendab lisanduvat aja- ning niidikulu.

Vaatamata sellele on antud meetod sobilik väiksemate tehaste ja ettevõtete jaoks, kellel pole võimalik endale soetada spetsiaalseid kummipaela ühendamise seadmeid, millest tuleb juttu kahes järgnevas alapeatükis.

8.5.2 II meetod

Järgnev meetod käsitleb masinat (vt. joonis 8.12), mis on loodud spetsiaalselt kummipaela ühendamiseks pükste ülääre külge. Masinat kasutatakse kõige rohkem bokseri tüüpi aluspesu puhul. Õmblusmasina nõela ja presstalla sektsiooni taga, all ning ees asuvad rullikd, millele asetatakse kummipael. Rullikutega saab reguleerida kummipaela positsiooni, liikumist ning pingulolekut. Rullikute omavahelist kaugust peab antud masina puhul reguleerima manuaalselt. [33; 34]

Õige õmblusvaru tagamise jaoks on masinal olemas pükste ülaääre piiraja. Õmbluse lõpupoole on tarvis kangaäär tõsta kummipaela vedava rulliku peale, et materjalid ei nihkuks teineteise suhtes. [33; 35]

Masin on 5-niidiline ning õmmelda saab nii kolme kui ka kahte nõela kasutades. Masinal on olemas ka kanganageraator, et tagada korrektne äär. Maksimaalseks õmbluskiiruseks on 5000 pistet minutis ning ühe toote peale kulub antud masinaga õmmeldes 10 sekundit. [33; 35]

Sarnase disainiga masinaid omavad oma tootevalikus Jaapani ettevõtte Yamato Sewing Machine, Taiwani ettevõtte SiRUBA KAULIN ja Jaapani ettevõtte Japan Industrial Machine Corporation. Antud masinate puhul võib positiivse omadusena tuua välja veel selle, et kummipaela ühendamiseks lisatud eriseadeid on võimalik eemaldada ning kasutada masinat ka tavalise kattermasinana. [33; 34; 36]



Joonis 8.12. SiRUBA KAULIN C007K/KD masin [45]

8.5.3 III meetod

Kolmas antud projektis käsitletav seade (vt. joonis 8.13) on sarnaselt eelnevale masinale loodud samuti spetsiaalselt kummipaela pükste ülaääre külge ühendamise

jaoks. Ka selle masina tähtsaimaks elemendiks on rullikud, mille peal kummipael liigub ning mille abil paela pinget kontrollitakse. Erinevalt II meetodi masinale asuvad rullikud aga horisontaalselt samal tasandil. Üks rullik asub nõela ja presstalla sektsiooni ees ning teine taga. Erinevalt eelmisest õmblusmasinast on tegemist automaatse masinaga, millel saab kummipaela pinget ehk rullikute omavahelist kaugust reguleerida automaatselt kontrollpaneelilt. Sellist masinat toodab Hiina ettevõtte Dongguan Quick Automatic Equipment. [37; 38]

Masinal on olemas sensorid, mis tagavad konstantse kanga liikumise ja ühtlase õmblusvaru koos üleliigse materjali lõikamissüsteemiga. Samuti on masinal olemas laser, mille järgi saab jälgida kummipaela õiget masinale paigutust. Masin on sarnaselt eelmises alapeatükis ära toodud seadmele 5-niidiline. Õmmeldakse kas kolme või kahe nõelaga. Seadmega saab õmmelda kummipaelu laiusega 2-6 cm. [37; 38]

Masina tootlikkuseks on märgitud 1440 toodet 8 tunni jooksul. See tähendab, et tunnis õmmeldakse 180 toodet ehk ühe toote peale arvestatakse 20 sekundit. Nende andmete põhjal on antud tehnoloogia eelnevast meetodist kaks korda aeglasem. Võrdluseks võib aga veel välja tuua, et antud projekti käigus kulus esmase prototüübi õmblemisel puhtalt selle tehnoloogilise sõlme peale ligi 30 minutit. Seega on selgelt näha, et korrektsete masinate ning tingimuste juures on võimalik tagada optimaalne tulemus. [33; 37; 38]

Tegemist on eelnevalt mainitud info järgi automaatse masinaga. Manuaalselt peab masinale asetama vaid materjalid. Seejärel teostab masin seatud parameetrite järgi tehnoloogilise sõlme automaatselt. Sellise tehnoloogiaga saab vähendada inimlike tegurite mõjutusi ning tagada ühtlane tulemus terve tootmisserieia ulatuses. [37; 38]



Joonis 8.13. Dongguan Quick Automatic Equipment QK-375 masin [46]

8.6 II prototüüp

Kummipaela ühendamine pükste ülaääre külge sujus teise prototüübi (vt. joonis 8.14) puhul oluliselt tõhusamalt. Esmase prototüübi puhul kulus puhtalt antud tehnoloogilise sõlme sooritamise peale ligi 30 minutit. Teise prototüübi puhul suudeti seda aega vähendada 10-le minutile.

Prototüübi valmides analüüsiti jällegi saavutatud tulemust. Lekaalide puhul tõsteti sujuvalt ülaääre kõrgust alates esiosa istmikukaarest nii, et tagaosa istmikukaare kõrgus tõuseks 2 cm võrra. Samuti muudeti esiosa kubemekaart sujuvamaks, et seal ei tekiks liigset kanga kogunemist.

Õmblustehnoloogia osas otsustati järgneva prototüübi puhul vältida esi-ja tagakeskjoonel krookete tekitamist 8 cm ulatuses, eelneva arvatava 6 cm asemel. Peale teise prototüübi analüüsi ning muudatuste ülesmärkimist suunduti edasi kangajääkidest lühikeste pükste prototüübi valmistamise juurde.



Joonis 8.14. II prototüüp (M suurus)

8.7 III prototüüp

Kangajääkidest lühikeste pükste loomisel juhinduti lisa 2 punktis ära toodud tehnoloogilisest järjestusest. Kolmanda prototüübi (vt. joonis 8.15) valmistamine erines oluliselt kahest eelnevast. Seda just seetõttu, et puudus tavaline juurdelõikusprotsess. Kangast lekaalide järgi vajalike detailide välja lõikamise asemel oli tarvis antud detailid väiksematest kangatükkidest kokku õmmelda. Selleks sobitati kangatükid lekaalidele, paremad pooled vastu lekaali ning kinnitati need nõõpnõeltega. Seejuures on siiski oluline jälgida kangatükkide silmuspostide suunda.

Esimese lekaali puhul hakati tükke ühendama järjest ükshaaval. Niiviisi õmmeldes tekkisid aga keerulised nurgakohad, mida oli hiljem komplitseeritud korrektselt ühendada. Tehnoloogia parendamiseks ühendati kõik vajalikud kangatükid nõõpnõeltega, kattes lekaali täielikult. Seejärel ühendati esmalt tükid, mille ühendusjoonele ei jäänud ühegi teise tüki ühenduskohta. Peale seda oli võimalik järjest ühendada tükid, mille ühendusjoonele jäid vaid juba omavahel ühendatud tükkide ühenduskohad. Nii toimiti, kuni said ühendatud kõik vajalikud kangatükid, et lekaal täielikult katta.

Pärast tükide ühendamist lõigati ära kangaääred, mis jäid lekaali mõõtmetest väljapoole. Selle operatsiooni sooritades oligi detail valmis. Äralõigatud kangaääred sorteeriti selle järgi, millised tükid on piisavalt suured, et neid saaks uuesti kasutada ning millised muutusid jäätmeteks. Kui kõik neli detaili – vasak ja parem esiosa ning vasak ja parem tagaosad olid valmis, läks pükste valmistamisprotsess edasi nii, nagu ka kahe eelmise prototüübi puhul.

Kangajääkidest prototüübi valmis õblemiseks kulus kokku ligi 12 tundi. See tulenes detailide rohkusest. Traditsioonilise juurdelõikusprotsessiga loodud lühikesed püksid koosnevad neljast kangadetailist ning kummipaelast. Kolmanda prototüübina loodud kangajääkidest püksid koosnevad aga 45-st kangatükist ning kummipaelast.

Protsessi keerukust ja ajakulu tõstis ka algul kangatükkide ühendamiseks parima tehnoloogia väljaselgitamine ning selle parendamine. Protsessi keerukusele lisandus veel kangatükkide libisemine ning omavaheline nihkumine nii lekaalile sättimise kui õblemise ajal. Kuid ka see mõju vähenes protsessi käigus kogemuse kasvades.

Antud prototüübi õblemise põhjal koostati ka juhend, kus on ära toodud tingimused ja soovitused, kuidas käsitleda kangajääke toote valmistamisprotsessi jooksul kõige lihtsamal ning efektiivsemal moel. Järgides tehnoloogilise järjestuse kõrvale antud juhendit on võimalik tagada toote kõige tõhusam valmimisprotsess. Antud juhendit on näha lisan nr. 4.

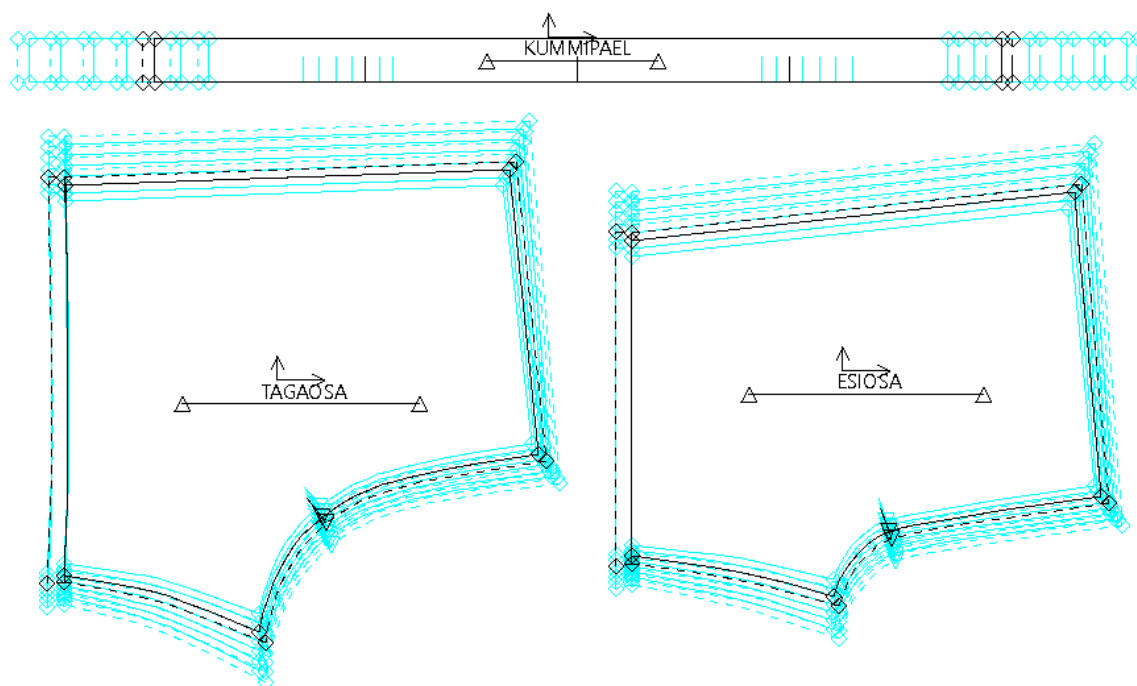


Joonis 8.15. III prototüüp (M suurus)

8.8 Lekaalide digitaliseerimine ja paljundamine

Pärast kangajääkidest prototüübi loomist saadi olla kindel lõigete ning tehnoloogia sobivuses. Seega mindi edasi lõigete digitaliseerimise ning paljundamisega suurustesse XS-3XL. Digitaliseerimiseks kasutati Gerberi AccuScan digitaliseerimise tarkvara, millega saab spetsiaalsel AccuScan foto kalibreerimise matil asetsevatest lekaalidest pilti tehes need lihtsasti skaneerida. Seejärel on võimalik need ekspordida Gerber AccuMark Pattern Design programmi, kus saab digitaliseeritud lõigetega edasi töötada. Programmis oli tarvis digitaliseeritud lõikeid puhastada ehk eemaldada ebavajalikud punktid, lõikeid kontrollida ning ühtlustada.

Seejärel saadi minna edasi paljundamise protsessiga, mille käigus võeti eeskujuks Winifred Aldrichi raamatus „Metric pattern cutting for menswear“ lk 159 [39] tootud klassikalise lõikega pikkade pükste lõigete paljundamise reeglid. Neid modifitseeriti sobimaks brändi mõõtude nõuetega. Paljundamine suurustesse XS-3XL sooritati Gerber AccuMark Pattern Design programmis. Baassuuruseks võeti M suurus. Lekaalide paljundusi on näha joonisel 8.16. ning paljundamise põhjal loodud valmismõõtude tabel on näha lisas nr. 5.



Joonis 8.16. Lekaalide paljundused (suurused XS-3XL)

8.9 IV prototüüp

Käesoleva bakalaureusetöö viimane prototüüp (vt. joonis 8.17) valmistati suuruses 3XL, et kontrollida lekaalide paljundamise õigsust ning suuremas suuruses toote istuvust. Nende aspektidega jäädi rahule ning muudatusi sisse viima ei pea.

Prototüüp valmistati kangajääkidest ning vähenes oluliselt prototüübi valmistamisele kuluv aeg võrreldes III prototüübiga. IV prototüüp koosnes 38-st kangatükist ning kummipaelast. Prototüübi valmistamisele kulus 7 tundi. Õmblustehnoloogiat harjutades ning kummipaela pükste ülaäärde kinnitamise jaoks efektiivsemat tehnoloogiat kasutades, on antud toodete valmistamisele kuluvat aega võimalik veelgi oluliselt vähendada.

IV prototüübi valmistamise käigus kaaluti kasutatavaid kangatükke Mettler Toledo MS3002TS kaaluga, mille täpsus on 0,01 g. Valmiskujul IV prototüübi peale kulus massi järgi 189,71 g kangajääke. Detailide valmistamisel lõigati ära 17,23 g selliseid kangatükke, mis on mõõtmelteil nii väikesed, et neid ei ole enam võimalik toodete valmistamiseks kasutada ehk antud hetkel lähevad need segaolmejäätmete hulka. See tähendab, et välja töötatud lühikeste pükste valmistamisega on brändil võimalik utiliseerida keskmiselt 91,67% enda tootmises tekkivatest kangajääkidest ning seega tagada enda ettevõtte jaoks oluliselt ringsem tootmine.



Joonis 8.17. IV prototüüp (3XL suurus)

9. JÄRELDUSED

Antud bakalaureusetöö praktilises osas analüüsiti võimalusi Androgear OÜ tootmise ringsemaks muutmiseks. Analüüsi tulemusena otsustati juurutada ettevõttes juurdelõikusjääkidest uute toodete valmistamise lahendust.

Toote osas, mida jääkidest valmistada, otsustati lühikeste pükste kasuks. Praktilise töö käigus töötati antud toodete valmistamise jaoks välja lekaalid ja vajalik dokumentatsioon ning valmistati kokku neli prototüüpi – kaks juurdelõikuse meetodil ning kaks kangajääkidest.

Lekaalid valmistati esmalt käsitsi M suuruse baasil ning seejärel digitaliseeriti ja paljundati suurustesse XS-3XL. Dokumentatsiooni poolelt loodi kõik vajalikud dokumendid, mida antud toodete efektiivseks valmistamiseks tootmisel vaja on. Prototüüpide valmistamise läbi kontrolliti lõigete sobivust ning toodete istuvust. Samuti töötati välja ning dokumenteeriti kangajääkidest toodete loomise tehnoloogia.

Praktilise osa lõpptulemusena on ettevõttel Androgear OÜ võimalik rakendust leida 91,67% enda kangajääkidest ning muuta seeläbi enda tootmist oluliselt ringsemaks. Kangajääkidest toodete valmistamise harjutamisel ning õigete masinate ja lisaseadmete kasutamisel on tegemist väga efektiivse viisiga, kuidas ettevõtte saab maksimaliseerida materjaliressursside kasutust.

KOKKUVÕTE

Tekstiilitööstusel on pikka aega olnud aina kasvav negatiivne mõju keskkonnale. Seda just kiirelt kasvava jäätmetehulga tõttu. Ressursside ebaefektiivne kasutus mängib selles väga suurt rolli. Siin on suur mõjutus nii tootmises tekkivatel kui tarbijate poolt tekitatud jäätmetel.

Käesoleva bakalaureusetööga keskendutakse ühele ettevõttele – Androgear OÜ-le – mis soovib enda tootmises tekitatud negatiivset mõju keskkonnale võimalikult palju vähendada. Seda proovitakse saavutada läbi ringmajandusliku mõtlemise ja tegutsemise.

Lõputöö käigus anti põhjalik ülevaade rõivaettevõtte Androgear OÜ tootmisest, mida analüüsiti ringmajanduslikest aspektidest lähtuvalt. Analüüsi käigus selgitati välja, et suurim probleem jätkusuutlikuse tagamisel on antud ettevõtte jaoks aspekt, et juurdelõikuse protsessi käigus tekib keskmiselt 25% kangajääke. Need jäägid lähevad tavaliselt ettevõtetes segaolmejäätmete hulka, tekitades suure negatiivse keskkonnajälje ning raisates ressursse.

Töö käigus suudeti täita bakalaureusetöö esimene püstitatud eesmärk, töötades antud probleemidele välja ettevõtte jaoks sobivaim lahendus ringsema tootmise tagamiseks. Kangajääkide tekkimise vähendamise või utiliseerimise jaoks analüüsi läbi viies leiti, et parim viis antud brändi jaoks on kangajääkide rakendamine uute toodete valmistamisel. Selleks loodi dokumentatsioon ja lekaalid ning töötati välja õmblustehnoloogia, mille läbi on brändil võimalik luua kvaliteetseid kangajääkidest valmistatud lühikesi pükse.

Lõputöö praktilise osa mahukaima ning oluliseima osana valmistas töö autor neli lühikeste pükste prototüüpi. Seeläbi saadi kontrollida ning täiustada lõigete istuvust ning arendada välja ja dokumenteerida kangajääkidest toodete valmistamise õmblustehnoloogiat.

Bakalaureusetöö teiseks eesmärgiks oli ettevõtte jaoks sobivaima ringse tootmismudeli detailne edasiarendus. Eduka bakalaureusetöö lõpuks välja töötatud lühikeste pükste valmistamise läbi on Androgear OÜ-l võimalik utiliseerida 91,67% enda bokserite tootmisest tekkinud kangajääkidest. Kasutatav tehnoloogia ning jääkidest uute toodete valmistamine on efektiivne viis, kuidas leida jääkidele väärtustandev rakendus ning muuta enda ressursside kasutust ja seeläbi kogu tootmist ringsemaks.

Tulevikus oleks järgnevate sammudena, ettevõtte jaoks veelgi ringsema tootmismudeli saavutamiseks, võimalik läbi viia materjalitarnijate ja materjalide kvaliteedi analüüs. Antud projekti edasiarendusena ning kangajääkidest toodete valmistamise efektiivistamiseks oleks brändil võimalik ümber konstrueerida toodete lekaalid nii, et kangajääkidest toodete lekaale oleks võimalik paigutada koheselt juurdelõikuse paigutusjoonistesse. See lihtsustaks kangatükkide omavahelist ühendamist ning seeläbi toote detailide valmistamist, mis vähendaks toote valmistamisele kuluvat aega.

SUMMARY

The textile industry has had a fast-growing negative impact on the environment for a long time. Mainly due to the huge amount of waste generated in the industry by both companies who produce and the people who consume the products. Ineffective use of resources on companies' side has a big role to play.

This final thesis concentrates on one clothing company – Androgear OÜ. The company's goal is to minimize its negative impact on the environment by thinking and acting according to the principles of circular economy.

Within this final thesis, thorough overview of the production methods of clothing company Androgear OÜ was conducted. Company's production was analysed from the perspective of circular economy principles. One of the main sustainability issues identified is that 25% of fabric is lost through the fabric cutting process. In common practice, this 25% of fabric usually goes among mixed municipal waste in companies, resulting in a big negative environmental impact and waste of resources.

First goal of the final thesis – finding the best solution for the company's problems – was achieved by analysing ways to reduce or reuse fabric scraps generated in the fabric cutting process. It was found that the best solution for the brand would be using fabric scraps as a material for creating new products. Documentation, patterns and producing technology were conducted to create quality shorts out of fabric scraps.

Main impact of the thesis comes from the practical section – the design and creation of four prototypes. Through producing the prototypes, examination and improvement of the patterns, and development and documentation of production technology was conducted.

The second goal of the thesis was detailed development of the best circular production cycle for the company. With the successful solution of patchwork shorts developed through this final thesis, the company is able to use 91,67% of the generated fabric scraps. Given technology and creation of new products from waste is an effective way to turn waste into value. Thus, in conclusion, the usage of resources and the whole production process becomes more circular.

As for the future, from the prospect of the company, analysis of material suppliers and material quality could be conducted to provide an even more circular production. To

improve the efficiency of producing from scraps, the patterns could be constructed in a way that they could already be placed on the fabric cutting pattern position plan of the original products. This way, the joining of fabric scraps and thus making the product details could be made easier and production time could be reduced.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. R. A. Wicker (2022), „Fashion Is Not the 2nd Most Pollutin Industry After Oil. But What Is It?“, Loetud: <https://ecocult.com/now-know-fashion-5th-polluting-industry-equal-livestock/>, 17.03.2022
2. Ellen MacArthur Foundation (2017), „A New Textile Economy“, Loetud: <https://emf.thirdlight.com/link/2axvc7eob8zx-za4ule/@/preview/1?o>, 02.04.2022
3. Technopolis Group, Vastutustundliku Ettevõtluse Foorum, Teeme Ära SA (2021), „Eesti ringmajanduse tulevikupotesiaali ja vajalike meetmete uuring. Lisa 3 - tekstiilitööstus“, Loetud: <https://ringmajandus.envir.ee/sites/default/files/Tekstiilit%C3%B6%C3%B6stus.pdf>, 20.03.2022
4. Platform for Accelerating the Circular Economy (2018), „The Circular Economy Action Agenda for Textiles“, Loetud: <https://pacecircular.org/action-agenda/textiles>, 24.03.2022
5. Ethel Studio (2018) „Intro to textile waste: pre-consumer“, Loetud: <https://www.ethelstudio.com/journal/textile-waste-part1>, 19.09.2021
6. Ellen Macarthur Foundation (2020), „What is a circular economy?“, Loetud: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>, 18.03.2022
7. Tallinna Loomeinkubaator (2021), „Ringmajandus“, Loetud: <https://inkubaator.tallinn.ee/ringmajandus/>, 01.04.2022
8. H. Skyler (2018), „Problems in the Textile Industry“, Loetud: <https://bizfluent.com/about-5176090-problems-textile-industry.html>, 03.04.202
9. Recycling Technology Worldwide (2019), „The limitations of textile recycling“, Loetud: https://www.recovery-worldwide.com/en/artikel/the-limitations-of-textile-recycling_3411757.html, 03.04.2022
10. K. Kook (2017), „UPMADE'i tarkvara aitab riideid toota nii, et midagi ei lähe raisku“, Loetud: <https://digi.geenius.ee/rubriik/nadala-idufirma/upmadei-tarkvara-aitab-riideid-toota-nii-et-midagi-ei-lahe-raisku/>, 25.09.2021
11. R. Aus (2011), „Trash to trend – using upcycling in fashion design“, Loetud: https://www.etis.ee/File/DownloadPublic/ea1e193a-802a-49a0-82d3-776b474ec791?name=Fail_Reet_Aus_doctoral_thesis.pdf&type=application%2Fpdf, 26.09.2021
12. T. Plamus, „Tekstiili- ja rõivatööstuse mõju keskkonnale“, Loetud: <https://moodle.taltech.ee/mod/resource/view.php?id=290175>, 24.09.2021

13. Merris Kivisoo (2020), "Tekstiilijätmete käitlemine Eestis", Loetud: https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/5873/Merris_Kivisoo_BA_2020_KK_t%C3%A4istekst.pdf?sequence=1&isAllowed=n, 21.09.2021
14. Textile School (2018), „Fabric Cutting in Garment Manufacturing“, Loetud: <https://www.textileschool.com/459/fabric-cutting-in-garment-manufacturing/>, 24.03.2022
15. B. Haryana (2008), „Fabric usage & various fabric losses in cutting room“, Loetud: <https://indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=1307>, 23.09.2021
16. M. Omotoso (2018), „How Cutting Fabric for Production Can Bring You Savings“, Loetud: <https://fashioninsiders.co/toolkit/how-to/cutting-fabric-for-production-versus-sampling/>, 24.09.21
17. J. Yen, „Zero-waste design“, Loetud: <https://www.seamwork.com/magazine/2016/05/zero-waste-design>, 26.09.2021
18. T. Plamus (2021), „Trikotaaž“, Loetud: https://moodle.taltech.ee/pluginfile.php/84024/mod_resource/content/9/Trikotaa%C5%BE_1.04.2021.pdf, 26.09.2021
19. The Hong Kong Research Institute of Textiles and Apparel, „G2G Recycle Services“, Loetud: <https://www.garment2garment.com/>, 26.09.2021
20. Zero Waste Daniel koduleht, Allikas: <https://zerowastedaniel.com/>, 24.09.2021
21. M. M. Bomgardner (2016), "Cleaning the clothing industry", Loetud: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/cen-09426-cover2>, 25.09.2021
22. Global Fashion Agenda, "Close the Loop", Loetud: <https://designforlongevity.com/articles/close-the-loop>, 25.09.2021
23. T. Lelumees (2019), „Tekstiilijätmete mehaanilise ja keemilise ümbertöötlemise võimalused, ümbertöödeldud materjalide omadused ja sobivus uuteks rakendusteks Eesti kaitsevälase individuaalvarustuse näitel“ Loetud: <https://digikogu.taltech.ee/et/Download/9cc9c494-8abd-458c-b46a-07a298da5a0c>, 25.09.2021
24. S. Haslinger, Y. Wang, M. Rissanen, M. B. Lossa, M. Tanttu, E. Ilen, M. Määttänen, A. Harlin, M. Hummel, H. Sixta (2019), "Recycling of vat and reactive dyed textile waste to new colored man-made cellulose fibers", Loetud: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2019/gc/c9gc02776a#!divAbstract>, 24.09.2021
25. Geenius (2021), "Asjadele uus elu – kas müüt või tegelikkus?", Loetud: <https://digi.geenius.ee/rubriik/teadus-ja-tulevik/asjadele-uus-elu-kas-muut-voi-tegelikkus/>, 20.09.2021

26. G. M. Peters, G. Sandin, B. Spak (2019), "Environmental Prospects for Mixed Textile Recycling in Sweden", Loetud: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssuschemeng.9b01742>, 20.09.2021
27. Hyer Goods koduleht, „Our materials“, Allikas: <https://hyergoods.com/pages/environmental-impact>, 25.09.2021
28. Reet Aus brändi koduleht, Allikas: <https://www.reetaus.com/>, 24.09.2021
29. Moetoimetus (2020), „Kangajäädikdest valminud erilised rõivad“, Loetud: <https://www.femme.ee/mood/kangajaakidest-valminud-erilised-roivad>, 25.09.2021
30. Hyer Goods koduleht, Allikas: <https://hyergoods.com/>, 25.09.2021
31. Fashion Revolution (2017), „7 fashion brands that are designing out of waste“, Loetud: <https://www.fashionrevolution.org/usa-blog/7-fashion-brands-that-are-designing-out-waste/>, 24.09.2021
32. B.Webb (2021), „Bethany Williams offers a glimpse of sustainable fashion's future“, Loetud: https://www.voguebusiness.com/sustainability/bethany-williams-offers-a-glimpse-of-sustainable-fashions-future?utm_campaign=likeshopme&utm_medium=instagram&utm_source=dash+HUDSON&utm_content=www.instagram.com%2Fp%2FCSeGRaitzac%2F, 25.09.2021
33. SiRUBA KAULIN (2012), „SiRUBA Elastic Waistband Attaching-C007J/CR/CX/CLA Field Operations“, Loetud: https://www.youtube.com/watch?v=bbxiN_Ib_Xw, 07.11.2021
34. Yamata Sewing koduleht, „VG2735PR-156M-31-8F/UT-A44F/ST2-A“, Loetud: https://www.yamato-sewing.com/en/product/interlock_flatlock/vg-8/recommended/VG2735PR-156M-31-8F-UT-A44-ST2-A/, 06.11.2021
35. Md. Aditta Rahman Robi (2019), „SiRUBA C007K/CR/CX/UTP/RLP Boxer Elastic Attached Industrial Sewing Machine“, Loetud: <https://www.youtube.com/watch?v=8Zb35efJFL0>, 08.11.2021
36. Japsew koduleht, „J-664-33-AC-FT-RP“, Loetud: http://www.japsew.com/product/default1_e.php?id=1109&classid=18, 06.11.2021
37. Dongguan Quick Automatic Equipment koduleht, „Underpants elastic waistband attached machine QK-375“, Loetud: <https://www.quickautomationequipment.com/products-detail-22149>, 04.11.2021
38. Dongguan Quick Automatic Equipment koduleht, „Underpants elastic waistband attached machine QK-375“, Loetud:

<https://www.quickautomationequipment.com/products-detail-112975>,
04.11.2021

39. Winifred Aldrichi (2016), „Metric pattern cutting for menswear“

Joonised:

40. Joonis 2.1. Ringmajanduse ülesehitus tekstiilivaldkonnas:

<https://www.researchgate.net/profile/Saskia-Manshoven/publication/344413782/figure/fig1/AS:941035219861512@1601371688778/Vision-of-a-circular-economy-for-textiles.png>

41. Joonis 4.2. Nulljääkidega toode:

http://www.refinity.eu/uploads/2/1/9/8/21986448/timo-rissanen-1_orig.jpg

42. Joonis 5.3. Reet Ausi signatuur kangajääkidest noolega t-särk:

https://cdn.shopify.com/s/files/1/1373/0351/products/IMG_3939_small_0769e92f-d955-49e0-84d0-201da4a07a35_540x.jpg?v=1626346037

43. Joonis 5.4. Zero Waste Danieli kangajääkidest dressipluus:

https://cdn.shopify.com/s/files/1/0577/2256/8888/products/DSC_0469_1024x1024@2x.jpg?v=1637821940

44. Joonis 5.5. Bethany Williamsi kangajääkidest püksid:

https://cdn.shopify.com/s/files/1/0488/4686/4539/products/BWSS22071_1_900x.jpg?v=1647515290

45. Joonis 8.12. SiRUBA KAULIN C007K/KD masin: <https://siruba.com/wp-content/uploads/2018/10/RL.jpg>

46. Joonis 8.13. Dongguan Quick Automatic Equipment QK-375 masin: <https://www.quickautomationequipment.com/products-detail-112975>

LISAD

Lisa 1. Tehnoloogiline järjestus lühikeste pükste prototüübile

Tehnoloogilise sõlme/toote tehnilised tingimused:

- Pistetihedus 6p/cm
- Niidi koostis: polüester
- Niidi nr 120
- Nõela nr 75
- Nõela teravik FG

Tabel 1. Toote/sõlme tehnoloogiliselt jagumatute operatsioonide kirjeldus

Jrk nr	Jagumatu op. nimetus ja kirjeldus	Tehnilised tingimused	Op. eriala	Kasutatud seadmed ja abivahendid
1.	Lõigata detailid välja vastavalt lekaalidele			Käärid, kriit
2.	Kummipaela pikkus lõigata vastavalt toote suurusele	$M = 78 \text{ cm} + \text{õv } 2 \text{ cm} = 80 \text{ cm}$ $3XL = 101 \text{ cm} + \text{õv } 2 \text{ cm} = 103 \text{ cm}$		Käärid, mõõdulint
3.	Kummipaela otsad ühendada paremad pooled vastamisi, õv suunata lahku	õv 1,0 cm õv kinnitus 0,5 cm kauguselt pistetüüp 301	U	Universaalmasin
4.	Ühendada küljeõmblused, esikeskõmblus ning tagakeskõmblus	õv 0,7 cm pistetüüp 514	Ä	Äärestusmasin
5.	Töödelda pükste allääred	pöördevaru 2,0 cm õmbluse laius 0,5 cm õmbluse kaugus murdejoonest 1,5 cm pistetüüp 406	KT	Joonlaud, magnetpiiraja, altkattemasin
6.	Kummipael ühendada pükste ülaääre külge katteõmblusega	õv 0,7 cm õmbluse laius 0,5 cm pistetüüp 406	KT	Kanga ning kummipaela piirajad, altkattemasin
7.	Toote KNT	110°C	L-tr	Triikraud

Lisa 2. Tehnoloogiline järjestus kangajääkidest lühikeste pükste prototüübile

Tehnoloogilise sõlme/toote tehnilised tingimused:

- Pistetihedus 6p/cm
- Niidi koostis: polüester
- Niidi nr 120
- Nõela nr 75
- Nõela teravik FG

Tabel 2. Toote/sõlme tehnoloogiliselt jagumatute operatsioonide kirjeldus

Jrk nr	Jagumatu op. nimetus ja kirjeldus	Tehnilised tingimused	Op. eriala	Kasutatud seadmed ja abivahendid
1.	Triikida vajadusel kangatükid	110°C	V-tr	Triikraud
2.	Paigutada kangatükid lekaalidele			Nööpnõelad
3.	Kummipaela pikkus lõigata vastavalt toote suurusele	M = 78 cm + õv 2 cm = 80 cm 3XL = 101 cm + õv 2 cm = 103 cm		Käärid, mõõdulint
4.	Kummipaela otsad ühendada paremad pooled vastamisi, õv suunata lahku	õv 1,0 cm õv kinnitus 0,5 cm kauguselt pistetüüp 301	U	Universaalmasin
5.	Ühendada kangatükid	õv 0,7 cm pistetüüp 514	Ä	Äärestusmasin
6.	Ühendusõmbluste triikimine	110°C	V-tr	Triikraud
7.	Ühendada küljeõmblused, esikeskõmblus ning tagakeskõmblus	õv 0,7 cm pistetüüp 514	Ä	Äärestusmasin
8.	Töödelda pükste allääred	pöördevaru 2,0 cm õmbluse laius 0,5 cm õmbluse kaugus murdejoonest 1,5 cm pistetüüp 406	KT	Joonlaud, magnetpiiraja, altkattemasin
9.	Kummipael ühendada pükste ülaääre külge katteõmblusega	õv 0,7 cm õmbluse laius 0,5 cm pistetüüp 406	KT	Kanga ning kummipaela piirajad, altkattemasin
10.	Toote KNT	110°C	L-tr	Triikraud

Lisa 3. Lekaalide loetelu

Nr.	Lekaali pilt	Lekaali nimetus	Lõikamiskord		Materjal
			Ilma pööramata	Peegeldada ümber x-telje	
1.		Esiosa	1	1	orgaaniline puuvill 95%, elastaan 5%; bambusviskoos 95%, elastaan 5%
2.		Tagaosa	1	1	orgaaniline puuvill 95%, elastaan 5%; bambusviskoos 95%, elastaan 5%
3.		Kummi-pael	1	-	polüester 55%, nailon 12%, naturaalne lateks 33%

Lisa 4. Tehnoloogiline juhend kangajääkide käsitlemiseks

Jrk. nr.	Tingimused
1.	Sorteerida kangajäägid värvide ning mõõtmete järgi.
2.	Asetada kangajäägid lekaalidele parem pool vastu lekaali ning silmuspostide suund risti pükste alläärega.
3.	Jääkide tekke minimaaliseerimiseks valida ja sobitada kangatükid lekaalidele sellisel viisil, et nende kattumine oleks minimaalne ning lekaali servast üle jääv osa oleks minimaalne. Nii peab tükkide küljest ära lõikama vähima võimaliku osa.
4.	Kinnitada omavahel kokku õmmeldavad kangatükid nõõpnõeltega nii, et nende lõikeääred oleksid kohakuti ning mõlema kangatüki äärde jääks 0,7 cm õmblusvaru.
5.	Hakata järjest kangatükke omavahel ühendama. Esimesena ühendada omavahel tükid, mille ühendusjoonele ei jää teiste tükkide ühenduskohti. Peale seda ühendada järjest tükid, mille ühendusjoonele jäävad vaid juba omavahel ühendatud tükkide ühenduskohad.
6.	Pea iga ühendusõmbluse järel tuleks tükid uuesti lekaalile asetada ning kontrollida nende paigutust, sest tükid võivad omavahel nihkuda ning selle tagajärjel detaili kuju muuta.
7.	Ühendada kõik vajalikud kangatükid kuni lekaal on täiel määral kangaga kaetud.
8.	Lõigata ära kangaääred, mis jäävad lekaali mõõtmetest väljapoole.
9.	Sorteerida äralõigatud osad selle järgi, millised tükid on piisavalt suured, et neid saaks uuesti kasutada ning millised muutusid jäätmeteks.
10.	Õmmelda sellisel viisil valmis kõik neli detaili ning seejärel jätkata pükste õmblemist tavapärasel viisil tehnoloogilist järjestust järgides.

Lisa 5. Valmismõõtude tabel

mõõt suurus	XS	S	M	L	XL	2XL	3XL
1/2 vööümberrõõt (mõõdetuna kummilt)	34,0	36,5	39,0	41,5	44,5	47,5	50,5
küljepikkus	40,3	40,6	40,9	41,2	41,5	41,8	42,1
1/2 allääre laius	59,9	62,4	64,9	67,4	70,4	73,4	76,4