



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

RINGDISAINIST LÄHTUVA TOOTE LOOMINE
CREATING A PRODUCT BASED ON CIRCULAR DESIGN

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Mailis Jaaniste

Üliõpilaskood 206534

Juhendaja: Piret Mellik, külalisõppejõud

Kaasjuhendaja: Tiia Plamus, vanemlektor

Konsultant: Kersti Merimaa, lektor

(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.

"....." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö esitatud nõuetele

"....." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Mailis Jaaniste

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Ringdisainist lähtuva toote loomine,

mille juhendaja on Piret Mellik,

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.

05.06.23

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.

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Mailis Jaaniste, 206534

Õppekava, peeriala: EANB materjalitehnoloogia

Juhendaja(d): külalisõppejõud, Piret Mellik, 6202904 vanemlektor, Tiia Plamus, 6202904

Konsultant: lektor, Kersti Merimaa, 6202904

Tallinna Tehnikaülikool, inseneriteaduskond, materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut, tekstiililabor, 6202904, tiia.plamus@taltech.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) *Ringdisainist lähtuva toote loomine*

(inglise keeles) *Creating a product based on circular design*

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Ringmajanduse põhimõtetele ja ringdisainist lähtuva lihtsasti ümbertöödeldava ning mitmel viisil kantava toote kavandamine ning loomine.
2. Ülevaate andmine mõningatest looduslikest tekstiilidest – nende omadustest, saamisviisidest, eelistest ja puudustest.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	1. aruande esitlemine	03.10.22
2.	2. aruande esitlemine	07.11.22
3.	3. aruande esitlemine	12.12.22
4.	Teoreetiline põhiosa valmis	02.04.23
5.	Praktiline osa: kanga katsetused ja toote õmblemine	22.05.23
6.	Tulemuste analüüs ja kokkuvõte	25.05.23
7.	Töö esitamine hindamiseks	26.06.23
8.	Töö üleslaadimine	02.06.23
9.	Bakalaureusetöö kaitsmine	09.06.23

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "....".....20.....a

Üliõpilane: Mailis Jaaniste "....".....20.....a

/allkiri/

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

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

Konsultant: Kersti Merimaa ".....".....20.....a
/allkiri/

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

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

SISUKORD	6
SISSEJUHATUS	8
1 Ringmajandus tekstiili- ja rõivatööstuses ning nendega seonduvates valdkondades	10
1.1 Tooraine ammutamine.....	11
1.2 Toote ringdisainimine	12
1.3 Toote tootmine ja turustamine	14
1.4 Tekstiilitööstuse keskkonnamõju, tarbimisjärgsete tekstiiljätmete kogumine, taaskasutamine, ringlusessevõtt ja ümbertöötlemine	15
1.5 Tekstiiljätmete ringlusessevõtt ja jäätmekäitlus	16
1.5.1 Tekstiiljätmete ringlusessevõtmine	17
1.5.2 Teekstiiljätmete käitlus Eestis	17
2 Jätkusuutlikud tekstiilmaterjalid.....	19
2.1 Jätkusuutlik tekstiilmaterjal.....	19
2.2 Looduslikud kiud.....	20
2.2.1 Puuvill	20
2.2.2 Lina.....	21
2.2.3 Looduslik siid.....	22
2.2.4 Kanep.....	22
2.3 Looduslike kiudude ja nendest valmistatud materjalide omaduste võrdlus.....	23
2.4 Ringdisainist lähtuv ja tootele sobiv hooldussilt ning brändietikett.....	24
2.4.1 Linase kanga hooldamine	25
2.5 Jätkusuutliku ja keskkonnasõbraliku kanga sertifikaadid ja märgistused	25
2.5.1 EU Ecolabel Clothing and textiles / Textile products	26
2.5.2 OEKO-TEX® Certificate.....	26
2.5.3 Fairtrade	27
2.5.4 GOTS.....	27
2.5.5 EUROPEAN FLAX® Certificate	28
2.5.6 OCS	28
3 Rõivamaterjalide omadustele kehtestatud nõudmised.....	29
3.1 Tekstiilmaterjali katsetamiseks kasutatavad standardid	29
3.2 Kleidimaterjalile kehtestatud miinimumnõuded	30
4 ringdisainist lähtuva kleidi tootearendus	31
4.1 Tootele kehtestatud nõudmised	32
4.2 Valitud materjal.....	32
4.3 Katsete läbiviimise lühikirjeldused ja tulemused	33

4.3.1 Linakiu mikroskoopia	33
4.3.2 Konditsioneerimine ISO 139:2005/DDAM 1:2011	33
4.3.3 Tõmbetugevus ribameetodil ISO 13934-1:2013	33
4.3.4 Rebimistugevus ISO 13937-1	34
4.3.5 Hõõrdekindlus EN ISO 12947	35
4.3.6 Pillingukalduvus EN ISO 12945-2	35
4.3.7 Mõõtmete muutus pesemise toimel ISO 6330:2021, EVS-EN ISO 3759:2011.....	35
4.4 Materjalikatsetuste tulemused ja järeldused	36
4.4.1 Materjalikatsetuste koondkatsetulemused ja hinnang materjalile.....	37
4.5 Toote tehnoloogiline kaart.....	39
4.6 Toote lekaalid ja nende paigutus.....	40
4.7 Toote tootmise tehnoloogiline järjestus	40
4.8 Toote kvaliteedi hindamine	40
4.9 Toote nõuetele vastavus ringdisainist lähtuvalt.....	42
4.10 Tööprotsessi ja lõpptoote analüüs	42
Kokkuvõte	44
Kasutatud kirjanduse loetelu	46
Summary	51

SISSEJUHATUS

Tekstiilitööstus on ühe suurema süsinikujalajäljega tootmisharusid, mis kasutab oma tootmises väga palju taastumatuid ressursse, kemikaale ning vett. Ostetakse üha enam uusi tekstiile ja rõivaid, mida kasutatakse enne nende jäätmeks muutumist vähe. Suur kogus tekstiiljätmeid ladestatakse prügilatesse või põletatakse selle asemel, et neid ümber töödelda ning taaskasutada. Seetõttu tekitab tekstiilitööstus ning üha suurenev tarbijate hulk rohkem tekstiiljätmeid.

Tekstiilitööstuse peamine ja suurim väljakutse on keskkonnasaaste vähendamine tekstiile taaskasutades ning ringlusesse võttes ja vähendades kemikaalide kasutamist tekstiilitööstuses. Praegusel ajal baseerub tekstiilitööstus suuresti lineaarmajandusele, kuigi väljakutsetega tegelemiseks peaks üha enam tekstiilitööstuses kasutusele võtma ringmajanduse süsteemi.

Aastal 2020 võttis Euroopa Liit vastu uue ringmajanduse tegevuskava, mis hõlmab ka tekstiiltoodete strateegiat. Tegevuskava eesmärk on 2050. aastaks saavutada Euroopa Liidus täielik ringmajandus.

Töö eesmärk on kavandada ning luua ringdisainist lähtuv toode, mis on vastupidav, mugav kanda ning tootmine majanduslikult kasulik ja keskkonnasäästlik saastades loodust minimaalselt igas toote elutsükli faasis tootmisest kuni utiliseerimiseni.

Töö on jaotatud neljaks peatükiks: esimeses peatükis antakse ülevaade ringmajanduse ja lineaarmajanduse erinevustest, tuuakse välja etapiliselt, kuidas peaks ja saaks toota tekstiile ning rõivaid ringmajanduse mudelist lähtudes, millised on ringlusesse võtmisega kaasnevad probleemid ning kuidas tekstiiljätmeid käideldakse. Teises peatükis keskendutakse ringmajandusest ja ringdisainist lähtuvalt sobivate rõivamaterjalide leidmisele, selgitatakse välja nende lagunemise tingimused, parimad loodust säästvamad töötlusviisid ning antakse ülevaade toote uuesti ringlusesse võtmise võimalustest. Selle tarbeks uuritakse vaid mõningaid populaarsemaid looduslikke materjale ja kangaid ning majandusliku kasu aspektist lähtutakse Eesti geograafilisest asukohast. Kolmandas peatükis testitakse valitud materjali sobivust tootele ning neljandas peatükis pannakse paika kriteeriumid, millele toode peab vastama ja tehakse läbi kogu tootmisprotsess ühe tootega koos dokumentatsiooniga: toote tehnoloogiline kaart, toote tehnoloogiline järjestus ja lekaalid, lisaks tehakse kvaliteedi- ja nõuetekontroll.

Teema valiku põhjuseks on autori isiklik huvi luua rõivatoode või selle projekteerimise juhend, mis võtaks arvesse ringmajanduse printsiipe, et parandada tekstiilitööstuse jätkusuutlikust ning vähendada selle keskkonnamõju loodusele.

1 RINGMAJANDUS TEKSTIILI- JA RÕIVATÖÖSTUSES NING NENDEGA SEONDUVATES VALDKONDADES

Ringmajandus (joonis 1) on tootmise ja tarbimise mudel, mille põhiline eesmärk on loodusressursside jätkusuutlik kasutusviis, hoides tooteid võimalikult kaua ringluses, et pikendada nende eluiga ning vähendada jäätmete tekkimist. Lineaarmajanduse mudeli (joonis 2) puhul toimub toote tootmine lineaarselt – tooraine ammutamine, toote tootmine ja töötlemine, toote kasutamine ning toote äraviskamine. Lineaarne majandusmudel tähendab, et toote elutsüklit ei mõelda läbi ning toote eluea lõpus on jäätmeid peaaegu võimatu taaskasutada või ümbertöödelda. Jäätmed, mis võiksid olla toormaterjaliks, millelegi uuele, ladestatakse prügilatesse. [1]



Joonis 1 Ringmajanduse mudel [2]

Lineaarmajandust iseloomustab hästi kiirmood – termin, mida kasutatakse taskukohaste ja odavate riiete tootmise ja tarbimise kirjeldamiseks. Kiirmoe puhul on oluline kiire disainimine ja tootmine ning võimalikult massiline toodete müümine. Rõivad peavad olema ajakohased ning trendikad. Kiirmoes rõhutatakse pigem rohkem ostma, kui mõtlema jätkusuutlikumalt ja keskkonnasäästlikumalt. [3], [4]



Joonis 2 Linearmajanduse mudel [5]

Ringmajanduse mudeli puhul on oluline mõelda läbi juba toote planeerimise etapis toote elutsüklil ning kavandada toode nii, et see püsiks võimalikult kaua ringluses. Ringmajanduse etapid on tooraine ammutamine, toote disainimine, toote tootmine ja turustamine, tarbimine, kasutatud toodete kokku kogumine ning taas ringlusessevõtmine. Eraldi tuleb hoida looduslikud materjalid ja tehismaterjalid, kuna nii on neid lihtsam taaskasutada ning hiljem hävitada. Erinevaid materjale kokku segades on keeruline neid üksteisest eraldada ja materjale taaskasutada, seetõttu lõpetavad sellised tooted prügimäel või looduses keskkonda saastades. [1], [4]

Oluline on ringmajanduse mudeli puhul ettevõtete omavaheline koostöö ja rahvusvahelised kokkulepped, mida saab nimetada tööstussümbioosiks, et luua kinnine tootmistsüklil, kus ettevõtted kasutavad ära üksteise jäätmeid, jääksoojust ja muid kõrvalsaadusi. [6]

1.1 Tooraine ammutamine

Tekstiilitööstuse tooraine on töötlemata olekus ressurss, mida tuleb puhastada või teatud ainetega töödelda, et valmistada sellest kiudu, millest kootakse tekstiilkangas. Tooraine võib olla loodusliku või sünteetilise päritoluga. Lisaks kiududele on tekstiilitööstuses tooraineks ka kemikaalid, mida kasutatakse näiteks värvimise ja viimistlusprotsesside juures. Nendega töödeldakse kangast, et anda sellele paremaid omadusi (näiteks veekindlus või tulekindlus) ning hõlbustada selle värvimist. [7]

Ringdisainist lähtuvalt peaks tooraineks suures mahus olema tekstiilijäätmed, mida ümber töödeldakse ning pigem väga väike osa toorainest võib olla otse loodusest ammutatud ressurss. Tekstiilijäätmete mugavamaks ja säästlikumaks ümbertöötlemiseks on vaja jäätmed sorteerida ning toota tekstiile nii, et erinevaid kiude oleks võimalikult lihtne üksteisest eraldada.

Töö raames uuritakse vaid mõningaid looduliku päritoluga kiude: puuvill, lina ja siid, kuna need on hüpoteetiliselt potentsiaalsed materjalid ringdisainist lähtuvate toodete loomiseks, kui neid pole segatud sünteetiliste kiududega.

Looduslikud kiud jagunevad päritolujärgi kolme põhiklassi: loomsed kiud (vill, siid), taimsed kiud (lina, puuvill, džuuat, kanep) ja mineraalsed kiud (asbest). Looduslikud kiud on keskkonnasõbralikud ning jätkusuutlikud kangaste tootmisel, kuna need on biolagunevad ja lihtsasti ümbertöödeldavad. [8], [9]

1.2 Toote ringdisainimine

Ringdisainitud toode on ringmajanduse põhimõtetel toodetud toode. Ringdisaini eesmärgiks on mõelda läbi toote elutsükli ehk olelusringi juba disainimise etapis, et vähendada keskkonnamõju igas ringmajanduse lülis, laiendada toote olelusringi ning pikendada selle eluiga. [10]

Ringdisain võimaldab tagada toote kõrgema kvaliteedi, pikema eluea, parema materjalide kasutamise ning paremad võimalused korduskasutamiseks ja ringlusessevõtuks. [11]

Olelusringi hindamisel on oluline läheneda sellele terviklikult, et käsitleda kõiki toote keskkonnamõjusid ning vältida keskkonnaprobleemide ülekandumisest ühest toote olelusringi etapist teise. [12]

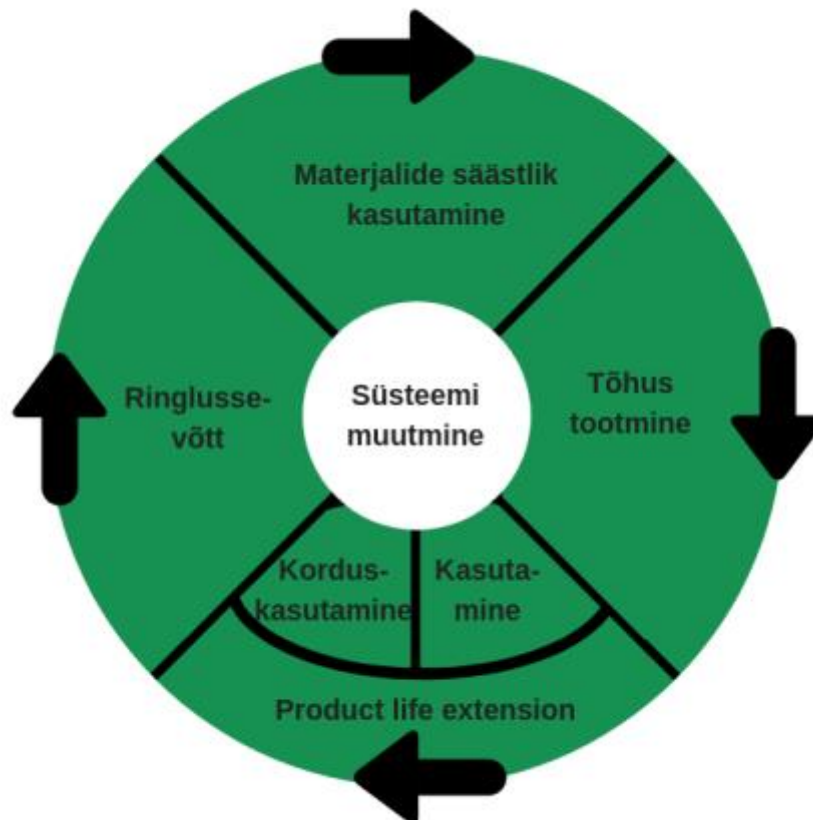
Olelusringi hindamise peamised rakendusala tööstuses: konkreetse tootega seotud keskkonna analüüs, tootearenduse erinevate võimaluste võrdlus, uute toodete arendus ning võrreldavate toodete seast valiku tegemine. [12]

Ringdisaini on tekstiilitööstuses keeruline rakendada sellesse juurdunud kiirmoe tõttu, mille tooted on odavad. Ettevõttele on kulu paigaldada uued tootmisliinid ja võtta pikemalt disainimisele ning teiste ettevõtete suhtlemiseks aega.

Ringdisainimise peamiseks raskuspunktiks on selle üldistamine. Ringdisainimine ei toimi kõikide toodete puhul ühtselt ning seega tuleb iga toote jaoks töötada välja eraldi ringdisaini plaan. Puudub standardiseeritud meetod toodete elutsükli hindamiseks. [13]

Ringdisainimine suunab disainima toote olelusringi, aitab suurendada toote ringsust, avardab olemasolevaid tootesüsteeme ning pakub võimalusi uuteks koostöö ja ärimudeliteks. [14]

Joonisel 1.2.1 on näha ringdisaini strateegiad ehk võtted ja lahendused, mis rakendada, et toodet ringdisainida.



Joonis 1.2.1 Ringdisaini strateegiad [14]

Materjalide säästlik kasutamine on esimene ringdisaini strateegia, mis keskendub tootes sisalduvate materjalide valikule, kogusele ning ohtlikkusele. Tüüpilisemad disainilahendused on materjalide kasutuse optimeerimine ehk vähendada üldiselt materjalide kogust tootes, vähendades kas toote suurust või arendades välja uusi lahendusi; materjale valides valida jätkusuutlikumad või taaskasutatud materjale; erinevate materjalide hulk tootes, kuna mida enam sisaldab toode erinevaid materjale, seda keerulisem on seda hiljem taaskasutada. Oluline on ka toote pakendi disain, mis peaks vastama samuti eelnevatele disainilahendustele. [14]

Tõhusa tootmise etapis peab silmas pidama ressursi- ja energiatõhusust. Tootma toodet võimalikult energiasäästlikult, ressursse ja energiat raiskamata.

Tootmisprotsessi energiatõhusus ja taastuenergia tarbimine aitavad otseselt vähendada toote keskkonnajalajälge. [14]

Kasutamise ja korduskasutamise etapis peab jälgima toote vastupidavust, et pikendada selle eluiga. Toode peab olema võimalikult kvaliteetne ja kaua kestma, et see oleks jätkusuutlik. Toodet peab olema lihtne parandada ning hooldada. Ettevõtted võivad hooldusest teenida tegelikult rohkemgi, kui uute toodete tootmisest, kuna klient saab käia tootehoolduses regulaarselt juba usaldusväärse pakkuja juures. Toodet peaks olema võimalikult lihtne kohandada vastavalt vajadusele. Kasutatud ja äraviskamisele kuuluvate toodete jaoks peavad olema kogumispunktid, kus tooted vaadatakse üle, puhastatakse, parandatakse või saadetakse ümbertöötlusesse. [14]

Ringlusesse võib võtta jäätmeid ettevõttesiseselt või väljast poolt ettevõtet. Selles etapis peab tekkima suletud ring ehk tööstusühmbioos, kus ettevõtted kasutavad ära üksteise jäätmeid toormaterjalidena. Seeõttu peab olema toote lammutamine osadeks olema võimalikult lihtne. [14]

Toote müümise asemel võiks pakkuda ka tooteid teenusena ehk rentida tooteid välja, mis annab võimaluse olla tootjal ja toote pakkujal kliendile lähemal, saada aru kliendi vajadustest ning läbi selle on kergem luua osapoolte rahulolu. [14]

1.3 Toote tootmine ja turustamine

Toote tootmisel üldiselt on kolm põhilist etappi: tegevused enne tootmist, toote tootmine ning tegevused pärast tootmist. [15]

Tegevused enne tootmist on näiteks toote planeerimine, reklaamiloa taotlemine, tootmisruumide sobilikkuse ja võimaluste ülevaatamine ning kontrollimine, töötajate kvalifikatsiooni hindamine, turuuringud ning küsitlused. [15]

Ringdisainides on tegevused enne tootmist kõige olulisemad, kuna juba disainimise etapis mõeldakse läbi kogu toote elutsükkel. Disainimise etapis tuleb leida sobiv materjal, uurida selle materjali päritolu ja saamisviise, arvutada välja selle mõju keskkonnale; testida materjali, et veenduda selle piisavas kvaliteedis ning mõelda läbi, mis saab tootega tema eluea lõpus ehk kuidas toimub kogumine ning taaskasutamine, parandamine või ümbertöötlemine. [11]

Ettevõttes on oluline, et tootmine oleks võimalikult kasumlik. Nii on see ka ringdisaini puhul, kus toode peab olema lisaks kasumile ka jätkusuutlik.

Tekstiiltoodete tootmisel kasutatakse palju erinevaid kemikaale, mis muudavad kanga omadusi nagu näiteks kortsumine, veehülgavus või -imavus ning ka mõju kopitamisele. Samuti kasutatakse kemikaale värvimisprotsessides. [16]

Tekstiilide värvimine ja viimistlemine tekstiilitööstuses põhjustab 20% veereostusest maailmas. Toodet ringdisainides peaks seega vältima keskkonda saastavaid viimistlusi ja värvimisprotsesse ning nendes kasutatavaid kemikaale. [4]

Toote tootmises peab olema selge töötajate tööaeg, tootmisjääkide jäätmekäitlus, etikettidele märgitav info ning nõuded tootele, suurusnumbrid ja isikuandmete töötlemine. [15], [17]

Pärast tootmist tuleb toode pakendada, seda reklaamida ja müüa. Mõelda läbi transpordikulud, pakiautomaatide lahendused, garantii tingimused ning tagastamisõigused. [15]

Turustamiseks lähtuvalt ringdisainist on vaja vähendada pakendikulu ning transpordikulusid, kuna ka sellest oleneb suurel määral toote mõju keskkonnale. [14]

1.4 Tekstiilitööstuse keskkonnamõju, tarbimisjärgsete tekstiiljäätmete kogumine, taaskasutamine, ringlusessevõtt ja ümbertöötlemine

Tekstiilitööstus ja -turg on väga globaliseerunud olles enda alla haaranud miljoneid ettevõtteid ja tarbijaid lineaarsesse ahelasse. Tekstiilijätmed on peaaegu 100% ümbertöödeldavad, kuid kuna ümbertöötlus nõuab palju lisaressursse ja on kulukas, eelistatakse uute rõivaste tootmisel töötlemata toormaterjali. [18]

Tekstiilide tootmine ning tekstiilijätmed avaldavad tooraine ammutamise, kasutatavate kemikaalide ning tekkivate tekstiiljäätmete kaudu keskkonnale üha suuremat kahjulikku mõju. Igal aastal tarbib tekstiilitööstus 98 miljardit tonni taastumatuid ressursse (nafta, kemikaalid). Lisaks keskkonnamõjule tekitab tekstiilitööstus ka sotsiaalseid mõjusid, pakkudes tööd eelkõige madalama kuni keskmise sissetulekuga riikides. [19]

60% tekstiilkiududest moodustavad sünteetilised kiud ning nende tootmiseks on igal aastal vaja 70 miljonit barrelit ($8346,8 \cdot 10^6$ liitrit) naftat. Polüester on üks populaarsemaid sünteetilisi kiude. Kõige rohkem looduslikest kiududest toodetakse puuvilla, kuid tihti segatakse seda sünteetiliste kiududega. [18], [19]

Viimastel aastatel on tekstiilijäätmete hulk oluliselt suurenenud, kuna rahvaarvu suurenedes on vaja üha rohkem tooraineid, mida kõiki ei ole maailmas lõputult. Tekstiilijäätmeid on keeruline taaskasutada, kuna need koosnevad nii paljudest erinevatest kiududest ja sisaldavad kemikaale, mille päritolu ei pruugi teada olla. Rõivaid on keeruline ümber töödelda, sest nendes on sageli lisadetailid nagu lukud, nõöbid või needid, mis tuleb enne rõiva ümbertöötlemist eemaldada. [20]

Tõhusad lahendused tekstiilijäätmete ringlusesse võtmiseks puuduvad, seega peavad tarbijad tegema teadlikumaid oste, valides kvaliteetsema toote, tarbides vähem ning tekitades vähem jäätmeid. [20]

2015. aastal kasutas tekstiilitööstus (maailmas) 79 miljardit kuupmeetrit vett. Ühe T-särgi tootmiseks kulub ligikaudu 2700 kuupmeetrit vett arvestades tema kogu elutsükli toormaterjali kasvatamisest või/ja tootmisest kuni tarbijani jõudmiseni. See vee koguse hulk on vajalik joogiveeks ühele inimesele 2,5 aastaks. [4]

Ookeani paisatakse igal aastal sünteetiliste kangaste pesemisel 0,5 tonni mikrokiude, mis on 35% keskkonda jõudvast esmasest mikroplasti kogusest. [4]

Euroopas ostab iga inimene keskmiselt aastas 26 kg uusi rõivaid ja tekstiilitooteid ning viskab ära neist umbes 11 kg aastas. 87% nendest ära visatud rõivastest põletatakse või ladestatakse prügilatesse. [4]

Aastal 2020 võttis Euroopa Liit vastu uue ringmajanduse tegevuskava, mis hõlmab ka tekstiiltoodete strateegiat. Tegevuskava eesmärk on 2050. aastaks saavutada Euroopa Liidus täielik ringmajandus. [21]

Eestis on ringmajanduse mudelist lähtuv korduskasutus tõusutrendil ning aina enam propageeritakse jätkusuutlikku rõivatarbimist. Juurde on tulnud tekstiilide kogumispunkte ja konteinereid rõivaste korduskasutamiseks, kuid üleriigiline tekstiilide liigiti kogumine puudub. [22]

1.5 Tekstiiljäätmete ringlusessevõtt ja jäätmekäitlus

Tekstiilijäätmeid saab liigitada kolme alarühma: tarbimiseelsed tekstiilijäätmed, tööstusjärgsed tekstiilijäätmed ning tarbimisjärgsed tekstiilijäätmed. Tarbimiseelsed tekstiilijäätmed on tootja jäätmed, mis tarbijateni ei jõuagi: niidijupid, kangajäägid, lõngade tootmisest alles jäänud kiud. Tööstusjärgsed tekstiilijäätmed on põhiliselt algmaterjali tootmisel tekkinud jäägid: esmase kiu tootmise jäägid ja plastmaterjalide

tootmisest tekkinud jäägid. Tarbimisjärgsed jäägid on tarbija kasutatud rõivad ja tekstiilid, mis visatakse ära: kasutatud rõivad ja tekstiilid. [3]

Kahjuks ei taga tekstiilide liigiti kogumine nende ringlusessevõttu, kuna suures osas vastutavad omavalitsustega lepingu alusel töötavad jäätmeettevõtted; 97% jäätmeettevõtete poolt liigiti kogutud tekstiilidest ladestatakse põletatakse või ladestatakse prügilatesse, sest liigiti kogumisel on suur väljakutse materjali kvaliteet ja tekstiile ringlusesse võtvaid ettevõtteid praktiliselt pole. Jäätmeettevõtted ei ole motiveeritud investeerima ringlusessevõtu tehnoloogiatesse, sest kogutud tekstiiljäätmete kvaliteet on ebaühtlane ja materjalidele on ebaühtlane või piiratud ligipääs. [23]

1.5.1 Tekstiiljäätmete ringlusessevõtmine

Tekstiili ringlusessevõtt on tekstiilijäätmega ümbertöötlemine uueks tekstiiliks. Lähenemisviise tekstiilijäätmega ringlusesse võtmiseks või jäätmega kõrvaldamiseks ning vähendamiseks saab jaotada nelja alarühma: primaarsed, sekundaarsed, tertsiaarsed ja kvaternaarsed. Primaarsed lähenemisviisid: tööstusjärgsetest jäätmetest uute madalama kvaliteediga produkti tootmine. Sekundaarsed lähenemisviisid: tarbimisjärgsete jäätmega mehaaniline ümbertöötlemine. Tertsiaarsed lähenemisviisid: tarbimisjärgsete jäätmega keemiline ümbertöötlemine. Kvaternaarsed lähenemisviisid: jäätmega hävitamine energia saamiseks. [3], [24]

1.5.2 Tekstiiljäätmega käitlus Eestis

2018. aastal tarbiti Eestis rõivaid ja tekstiile kokku 16 371 tonni, mis teeb ühe inimese kohta 12,41kg rõivaid ja tekstiile. [22]

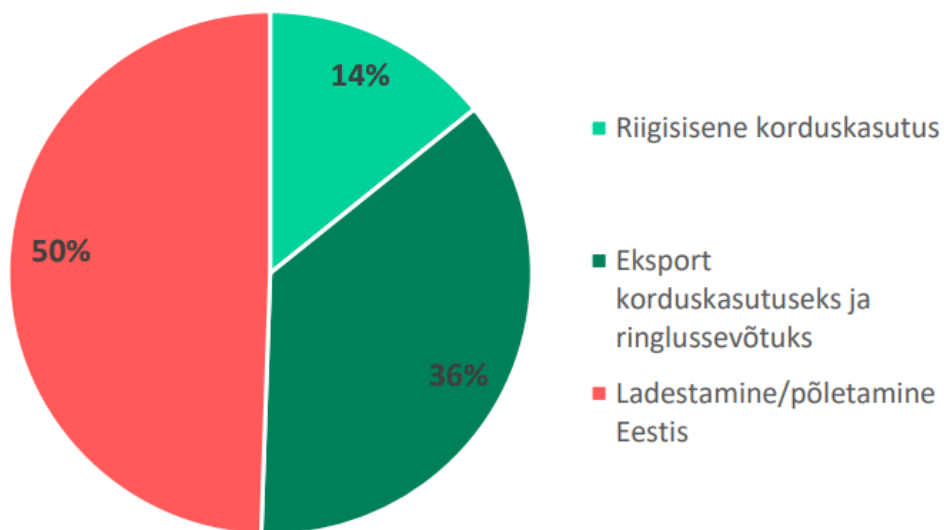
Eestis toimub kasutatud rõivaste ja tekstiilide liigiti kogumine peamiselt kahel eesmärgil: rõivaste ja tekstiilide kogumine korduskasutamise eesmärgil ning kasutatud rõivaste ja tekstiilide kui jäätmega kogumine.

Tekstiile kogutakse:

- avalikku ruumi paigutatud kogumiskonteineritesse kogumine
- taaskasutuskeskustesse kogumine
- kaubanduskeskustes kogumine
- jäätmejaamades kogumine

Baltiriikidest on Eesti ainus, kes sunnib omavalitsusi tekstiile liigiti koguma, kuid sellegipoolest liigiti kogutud tekstiiljätmed hiljem põletatakse või ladestatakse prügilatesse, kuna puuduvad võimalused jäätmete ümbertöötlemiseks. [23]

Erinevate uuringute ja analüüside tulemused näitavad, et Eestis kogutakse liigiti 4870 tonni kasutatud rõivaid ja tekstiile. [22]



Joonis 1.5.2.1. Liigiti kogutud rõivaste korduskasutamine ja jäätmekäitlus Eestis. [22]

Eestis on mõningaid brände, mis tegelevad kestlike toodete disainimisega, kuid siiski on üldpilt tagasihoidlik. Ettevõtete näol on näha trendi, et lähiaastatel ringmajanduse vallas on olukord paranemas. Samuti on Eestis olemas kogumis- ja sorteerimisüsteemid, kuid tervikuna on see valdkond arenguetapis. [25]

2 JÄTKUSUUTLIKUD TEKSTIILMATERJALID

Tekstiilijäätmete vähendamiseks on välja pakutud mitmeid lahendusi: rõivaste rentimisega tegelevad ärid, ringdisainist ja ringmoest lähtuv toote kavandamine, tarbijate veenmine ostma kvaliteetsemaid rõivaid, mis peaksid kauem vastu ja oleksid kauem ringluses ning rõhutatakse sealjuures ka raha säästmist.

Kõige olulisem on jäätmete tekkimist vältida ning kui jäätmete teket pole võimalik vältida, siis valmistada tooteid ette korduskasutuseks või ringlusesse võtmiseks, et võimalikult vähe jäätmeid ladestada prügilatesse. [26]

77% eurooplastest usub, et rõivaid peaks tootma vaid materjalidest, mida saab hiljem taaskasutada. Kuna lisaks taaskasutamisele soovib töö autor, et materjal oleks ka biolagunev on töös käsitletud vaid looduslikest kiududest tekstiile, mille taaskasutamine pärast toote eluea lõppu on võimalikult lihtne. Samuti ei tekitaks looduslikust kiust tekstiilmaterjal looduses lagunedes keskkonnasaastet. [27]

2.1 Jätkusuutlik tekstiilmaterjal

Tänapäeva tehnoloogiate juures on kõige jätkusuutlikumad tekstiilmaterjalid ühest kiust ja vähese või olematu töötlusega töödeldud tekstiilmaterjalid, kuna puudub tehnoloogia, mis suudaks efektiivselt tuvastata tekstiilijäätmetes tekstiilkiude ning neid üksteisest eraldada. Suurim probleem tekstiilijäätmete ringlusesse võtmises on erinevate kiudude rohkus ühes tekstiilmaterjalis. [23]

Tabelis 2.2.1 on välja toodud mõnede jätkusuutlikumate taimsete kiudude kliimaatiliste nõudmiste võrdlus, millest võib juba järeldada, et lina ja kanep on jätkusuutlikumad, kui puuvill, kuna need nõuavad vähem vett, madalamat kasvutemperatuuri, kasvavad kiiremini ning nende saagikus on suurem. Tabelist on näha, et kõige kõrgemaid temperatuure ja niiskemat mulda ning aega kasvamiseks vajab puuvill. Kanep vajab kasvamiseks rohkem aega ning kõrgemat temperatuuri, kui lina. Kanep vajab vähem niiskust, kui lina. Kanepile sobib neutraale või isegi veidi aluseline muld, linale aga pigem happelisem. Kuna maailmas on aina suurem probleem mulla hapestumine ning tihtipeale peab põldusid seetõttu lupjama, sobib linakasvatus nende põldude jaoks. [28]

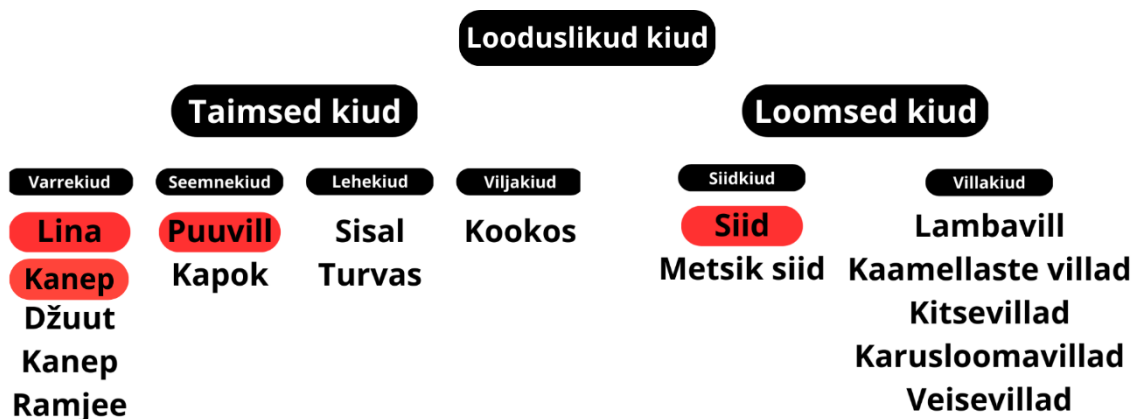
Tabel 2.2.1 Valitud taimsete kiudude kliimatiliste nõudmiste võrdlus [29]

Kiud	Optimaalne kasvamise temperatuur (°C)	Minimaalne mulla niiskus (mm)	Optimaalne mulla pH	Kasvamise tsükkel (päev)	Kiudude saagikus (kg/ha)
Puuvill	21-25	175	5,2-7,0	180-200	790
Lina	10-20	150	5,5-7,0	85-120	1100
Kanep	13-22	125	7,0-7,4	130-180	1225

2.2 Looduslikud kiud

Töös võrreldakse nelja enim levinud keskkonnasõbralikku kiudu, et välja selgitada toote valmistamiseks sobivaimast kiust kangas.

Looduslikud kiud jagunevad taimseteks ja loomseteks kiududeks. Taimseid kiude jaotatakse varrekiududeks, seemnekiududeks, lehekiududeks ja viljakiududeks ning loomseid siidkiududeks ja villakiududeks (joonis 2.1.1). Joonisel 2.1.1 on punasega märgitud puuvill, lina, kanep ja siid.



Joonis 2.1.1. Looduslike kiudude liigitus.

2.2.1 Puuvill

Puuvill on kõige levinum ja enim toodetud kiud maailmas. Üle poolte rõivastest on valmistatud puuvillasest kangast. Tänu tööstuse arengule ning masinate kasutuselevõtmise on puuvillast kerge toota kangast ja seega on puuvillased tooted

kergesti laialt kättesaadavad. Riikidest kõige suuremad puuvillatootjad maailmas on Hiina, USA, India ja Pakistan. [30], [31]

Puuvilla saadakse puuvillapõõsa seemnete kuparde seest, seetõttu liigitatakse puuvilla seemnekiu alla. Umbes kaks kuud pärast külvamist hakkab puuvillataim õitsema. Õied on alguses loodusvalged, siis kollased ning seejärel punased. Pärast õitsemist jäävad taime külge rohelised kuprad, mille valmides ja pruuniks muutudes tungib nendest välja vatti meenutav kiud.

Puuvill kasvab troopilises kliimas ja nõuab kasvamiseks palju vett, head pinnast ning kõrget temperatuuri. Kuigi puuvilla kasvatamisele kulub palju ressursse, on seda lihtne korjata ning lõngaks või niidiks kedrata. [30], [32]

Puuvillatootjad seisavad aina enam silmitsi kättesaadavuse probleemiga. Mõned paigad on puuvilla kasvatuse tagajärjel ka kõrbestunud. Puuvilla ning sellest kanga tootmisest tingitud keskkonnaprobleemid on hästi nähtavad magevee ammendumise ning ka veereostuse näol, puuvilla põõsaid mürkidega pritsides ja puuvillast kangast värvides. [30]

Õigesti hooldades ja pestes peavad puuvillast kangas vastu 3 kuni 5 aastat. [33]

Puuvilla kasvatatakse peamiselt Hiinas, USA-s, Indias ja Pakistanis. [30]

2.2.2 Lina

Lina on üheaastane sinakas-lillakate õitega rohttaim, mis kasvab umbes 125 sentimeetri pikkuseks. Linast peetakse vanimaks tekstiilmaterjaliks, mida kooti juba 8000 aastat tagasi, Eestis 3000 aastat tagasi. Linasest kangast valmistatakse peamiselt rõivaid, voodipesu ja kodutekstiile, kuid ka paberit, laboripaberit, rahatähti ja teekotte. Linaseemnetest saadud õli ning lina töötlemisest alles jäänud takku kasutatakse ehituses. Linakiudu saab liigitada ka tselluloosi kiu alla. [34], [35]

Pikad ja õhukesed varred sisaldavad kiudu, millest saab valmistada linariiet. Linataim on koristamiseks valmis umbes kuu pärast õitsemist, kui kuprad on valmis ning taime alumine osa tõmbub kollakaks ja kaotab oma lehed. Lina seotakse kimpudeks ning jäetakse põllule kuivama. Pärast kuivamist toimub kupramine, mis on taimevarte küljest kuprade eemaldamise protsess. Seemned kogutakse kokku, et teha neist õli või külvata järgmisel aastal maha. Peale kupramist pannakse linavarred likku linatiikidesse. Peale leotamist tuleb lina uuesti kuivatada ning siis hakata neid lõugutama ehk muljuma, et puitunud osa varre küljest eemaldada. Lõugutamisele järgneb ropsimine, mille käigus eemaldatakse lahti tulnud linaluud (puitunud osa) kiu

küljest. Lina tuleb harjata, et eemaldada lühemad kiud (takk) pikematest kiududest. Alles jäävad pikad linakiud, millest saab kedrata lõngu ja niite, et kududa neist kangas. Mida pikem on linataim, seda kvaliteetsemat kiudu sellest toota saab. [34], [36], [37]

Lina peetakse Euroopas parima kvaliteediga kangaks. Mida enam linast kangast kasutada ja pesta, seda enam see pehmeneb. Linane on väga vastupidav, isegi kuni kümneid aastaid. Linane kangas on ka Eurooplaste jaoks traditsiooniline kangas, millest valmistatud rõivaid ning esemeid pärandatakse põlvest põlve edasi. Linane kangas muutub peale kolme kasutusaastat ilusaks läikivaks ning pehmeks. [33]

Eestis on lina kasvatatud teadaolevalt enne, millal üldse on teada eestlaste olemasolu. 1905 kuni 1907 aastatel ehk siis enne I Maailmasõda oli lina külvipind Eestis 48 270 hektarit ning sellelt saadud lina moodustas 5% ülemaailmaset linasaagist. 1922. aastal moodustas lina Eesti ekspordist rahalises vääringus 24%, seega veerand kogu ekspordi väärtusest. [38]

2.2.3 Looduslik siid

Naturaalne ehk looduslik siid on siidiussidelt saadav ülikerge ja ülitugev kiud, millest kootakse kangaid. Looduslikuks siidiks nimetatakse mooruspuu lehtedest toitumatelt siidiussidelt saadud siidi. Muude puude lehti söövatelt ussidelt saadavat siidi nimetatakse metsikuks siidiks. On olemas ka lootuse lille siid, mis pole siidiusside poolt eritatud kiud vaid hoopis lootose lillelt saadavad kiud. [39]

Siidiliblikad munevad munad ning nendest tulevad ussid, kes teevad endale kookoni. Kookonid korjatakse kokku ning seejärel pannakse kuuma vette, et kiude pehmendada. Keevas vees tulevad siidikiud lahti ning siidiniidid kedratakse kokku. Peenest lõngast kootakse siidikangas, mis on omapärase läike, kerguse ning siledusega. Siid on üks kallemaid kangaid, kuna siidi saamise ja tootmise protsess on väga aeganõudev ning kulukas. [40]

Umbes 80% toodetavast siidist maailmas toodab Hiina. [39]

2.2.4 Kanep

Kanep on mitmeaastane rohttaim, mille ajalugu on tegelikult väga pikk. Kanepit on kasvatatud aastatuhandeid ning seda on kasutatud riiete valmistamiseks, köite punumiseks ja purjete valmistamiseks. [41], [42]

Kanepitaimel on vähe kahjureid ja seepärast pole kanepitaime kasvatamisel vaja pestitsiide kasutada. Kanep ei vaja palju väetisi, pigem rikastab mulda toitainetega.

Keskmiselt vajab kasvuperioodil kanep 50% vähem vett, kui puuvill. Kanepit saab kasvatada erinevatel muldadel, kuid pigem sobib kanepi kasvatamiseks pigem aluselisem kui happelisem muld, sest muidu võib kanepitaim jääda kiduraks ja siis ei saa sellest kvaliteetset kiudu. [43], [41], [42]

Kanepikiudu saadakse kanepitaime varrest, seega kategoriseeritakse kanepikiud varrekiudude alla nagu linagi. Puhtast kanepikiust kootud tekstiilkangas on väga sarnane linasele kangale. Kanepikiust saab toota väga erineva tekstuuriga kangaid ka näiteks teksakangast. [43], [41], [42]

2.3 Looduslike kiudude ja nendest valmistatud materjalide omaduste võrdlus

Lisades (Lisa 1 ja 2) on tabelites (tabel L1.1 ja L2.1) välja toodud puuvilla, lina, kanepi ja siidi võrdlus ning omadused.

Linakiust valmistatud riie on vastupidav, niiskustimav, hea soojusjuht ja õhku läbilaskev. Linane suudab imada isegi kuni 23% niiskust ning niiskussisalduse kasvamisel kasvab ka materjali tugevus. Lina miinusteks on kortsumine. [44]

Linane on väga jätkusuutlik kangas, kuna tootmises läheb väga vähe kõrvalsaadusi raisku. Linasest kangas on biolagunev ning õhem kangas võib looduses laguneda juba paari nädalaga. Linase lähim konkurent on puuvill, mille lagunemiseks looduses kulub mõni kuu. Looduslikust kiust kangast loodusesse lagunemiseks viskamisel tuleb jälgida, et seda pole kemikaalidega töödeldud või korduvalt keemiliselt puhastatud, kuna sellisel juhul pole enam tegemist puhta linase materjaliga. [45]

Puuvill on linale suurim konkurent, kuid puuvilla vajab kasvamiseks tunduvalt paremaid tingimusi: viljakamat mulda, kõrgemat temperatuuri, rohkem vett. Samas on puuvillast pärast tehnoloogia arengut lihtsam kangast toota ja seda töödelda, seega on puuvill odavam, kui lina. Puuvilla on lihtsam hooldada, kuna see ei kortsu nii kergesti, kui linane. Nii puuvillal kui ka linal on õhu läbilaskvus hea. Puuvill on kergvärvitav kiud ja seega saab puuvillast kangast toota väga erinevaid värve.

Kanepikiust kangas on viimasel ajal aina populaarsust kogunud, kui väga jätkusuutlik kangas, mis on väga sarnane linasele kangale. Kangas on tugev, õhku läbilaskev, talub kõrgeid temperatuure. Suurimateks puudusteks on kare ja ebamugav materjal, hapetele halb vastupidavus ja halb värvitavus, kuna materjal pigem hülgab niiskust ja mustust. Samas on niiskuse hülgavus ka pluss, sest tänu sellele on kangalt lihtne plekke välja saada. Suur eelis lina ees on vähene kortsumus.

Siid on õrn ja luksuslik materjal. See on kordades kallim, kui puuvill ja lina ning selle tootmine tundubalt keerulisem. Siidi on väga keeruline hooldada, kuna see pole väga vastupidav masinpesule, kemikaalidele, valgusele ning kuumusele. Samas on siidist rõivaid väga mugav kanda. Siid on vähekortsuv. Siid ei sobi jätkusuutlikuks kangaks, kuna selle valmistamine nõuab palju ressursi ning hooldamine on keerukas. Samuti on kangas liialt kallis.

Eelnevale infole toetudes osutuks valituks linane kangas.

2.4 Ringdisainist lähtuv ja tootele sobiv hooldussilt ning brändietikett

Olulisel kohal tootmises on ka iga toote külge pandav hooldussilt ning brändietikett. Hooldussilt annab infot selle kohta, kuidas toodet hooldada, et see võimalikult kaua ilus püsiks. Samuti peab hooldussildile märkima materjalid, mida toode sisaldab. Brändietiketile trükitakse brändinimi või/ja logo ning mõnikord ka suurusnumber. Toote etikett peab sisaldama järgmist infot: toote nimetus (kui selle puudumine võib tarbijat eksitada), rõiva suurustähistus, toote kiuline koostis, juhised toote hooldamiseks (hooldustähised). Märgistus tuleb kanda otse tootele, kuid pole oluline kuidas. Märgistus ja sellele juurdepääsetavus peab olema lõpptarbajale püsiv. Lisaks peab olema märgistus riigi ametlikus keeles, kus toodet müüakse. Mõne toote puhul piisab ka globaalsest märgistusest. Eelkõige on kohustus märgistuse korrektsust jälgida sellele, kes toote Euroopa turul saadavaks teeb ning vajadusel kohustatud seda märgistama. Isegi edasimüüjal on kohustus märgistuse õigsust kontrollida. Vähemalt kaks aastat peavad tootjad ja importijad säilitama toote dokumente selle kiulise koostise kohta. Märgistatud peavad olema kõik tekstiilitooted, mis koosnevad vähemalt 80% tekstiilikiust. Märgistust ei pea olema eritellimusel valmistatud toodetele, pehmetele mänguasjadele, jalatsite tekstiilist osadele, kaitsefunktsiooniga tekstiilitooted (kuulivest, killuvest), tekstiilitoodetel loomadele, lippudel. [17], [46]

Kaasaegsetes ostuharjumustes on aina enam täheldatud ostja huvi säästvama ja rohelisema eluviisi suhtes. Rohkem soovitakse osta keskkonna- ja ühiskonnateadlikumalt ning endale meelepärase ökomärgisega. Maailmas on üle 436 ökomärgise, millest 24 hõlmavad tekstiile ja riideid. [47]

Ringdisainitud toote etikett võiks koosneda võimalusel samast materjalist, millest toode ise ning info võiks olla etiketile trükitud värvidega, mis on kauapüsivad kuid keskkonnasäästlikud. Info võib etiketile ka tikkida, kuid see tõstab toote omahinda.

2.4.1 Linase kanga hooldamine

Soovituslik on pesta erinevat värvi kangaid eraldi ning ka linast materjali muudest materjalidest eraldi. Kirjusid ja valgendamata esemeid võib pesta kuni 60°C juures ning valgendatud esemeid võib pesta isegi kuni 95°C juures, kuid need temperatuurid pole soovituslikud, sest võivad kahjustada kiudusid. Soovituslik pesemistemperatuur on 40°C, kuna suurema temperatuuri juures võib linane kokku tõmmata ja kangas võib muutuda hapraks. Kasutada õrna pesuprogrammi ja mitte panna liialt palju pesu korruga masinasse. Pole soovituslik kangast valgendava pesuvahendiga valgendada, kuna see nõrgestab kiudusid ja kahjustab värvi. Samuti pole vaja ka pehmendajaid kasutada, kuna linane kangas muutub nagoonii iga pesukorraga pehmemaks. Samuti vähendavad pehmendajad kanga niiskusemavust. [48], [49]

Pleki tekkimisel eemaldada plekk kangalt võimalikult kiiresti, et see ei imbuks kiudude sisse. Pleki eemaldamiseks leotada kangast pesuvahendis, söögisooda lahuses või kasutada nõudepesuvahendit ning hõõruda õrnalt plekikohta, kuni plekk kaob. Seejärel pesta kangas läbi. [49]

Triikimisel peaks lina olema niiske. Maksimaalselt kuni 220°C, soovituslikult 150°C - 180°C. Linase kanga puhul on kortsud paratamatud ning pigem on kortsud linase kanga eripära. Triikida võib linast ka läbi teise niiske kanga (näiteks rätik). [48], [49], [50]

Trummelkiuvatus pole soovituslik. [48]



Joonis 2.4.1.1 Hooldustähised linasele kangale [50]

2.5 Jätkusuutliku ja keskkonnasõbraliku kanga sertifikaadid ja märgistused

Käesoleva töö teostamiseks otsustati kasutada Eesti käsitööpoodidest saadaolevat linast kangast, sest selle omadused on sarnased sertifitseeritud linase kangaga, mida on kulukas siinse töö tarbeks tellida välismaalt. Puhas linane kangas on üldiselt oma omadustelt sarnane, olenemata märgistustest. Märgistus hakkab suurt rolli mängima masstootmises, milles on oluline ka juba lina kasvatades olla keskkonnasõbralik ja

jätkusuutlik. Mõned standardid, millele toote linane kangas peaks vastama: OEKO-TEX® Certificate, EUROPEAN FLAX® Certificate. [51], [52]

Tootmises peab toode vastama teatud sertifikaatidele ja standarditele, et kinnitada klientidele toote kõrge kvaliteet, toetada keskkonnasõbralikku mõttelaadi ja tootmist ning hoolida keskkonnast ja inimese tervisest. Kvaliteetne toode kestab ning seda soovitakse kasutada kauem, mis tagab pikema toote eluea.

2.5.1 EU Ecolabel Clothing and textiles / Textile products

EU Ecolabel Clothing and textiles / Textile products on Euroopa ökomärgis riie- ja jalatsite- le, mille litsentsi omanike tekstiiltooted peavad vastama teatud kriteeriumitele, mis tagavad: tervisele ja keskkonnale kahjulike ainete piiratud kasutuse, vee- ja õhusaaste vähenemise ning värvikindluse higistamise, pesemise, märja ja kuiva hõõrdumise ning valguse suhtes. [53]



Joonis 2.5.1.1. EU Ecolabel Clothing and textiles / Textile products ökomärgise logo

2.5.2 OEKO-TEX® Certificate

Oeko-tex standard on sõltumatu sertifitseerimissüsteem, mis testib ja kontrollib tekstiile enam kui saja kahjuliku kemikaali suhtes. Standard garanteerib, et kanga valmistamisel pole kasutatud toksilisi aineid ja kanga kasutamine ning kokkupuude inimese nahaga on ohutu. Nimekirja uuendatakse igal aastal, tänu millele on see aegumatu ja kaasaegne sertifikaat. [51]



Joonis 2.5.1.2. Oeko-tex standardi märgistus.

2.5.3 Fairtrade

Fairtrade ei kehti mitte ainult tekstiilidele vaid väga laiale valikule toodetele. Fairtrade vastutab õigluse kaubanduse eest ning pöörab tähelepanu sellele, et toode pärineks ausast tarneahelast, milles kõiki osalejaid tasustatakse õiglaselt. Ehk Fairtrade seisab töötajate huvide ja õiguste eest. [46], [54]



Joonis 2.5.1.3. Fairtrade märgis

2.5.4 GOTS

Gots ehk Global Organic Textile Standard on ülemaailmne orgaanilise tekstiili standard, millel on selgelt määratletud ning läbipaistvad kriteeriumid toodetele, mis on selle väärilised. Standardil on nii ökoloogilised, kui ka sotsiaalsed kriteeriumid ning selle lõpptoodete hulka võivad kuuluda lõngad, niidid, kangad, riided, kodutekstiilid, madratsid, hügieenitooted ning ka toiduga kokkupuutuvad tekstiiltooted.



Joonis 2.5.1.4. GOTS märgis

2.5.5 EUROPEAN FLAX® Certificate

Sertifikaadisüsteem jälgib linase kanga tootmist selle igal etapil – külvamisest ja kasvatamisest kuni kanga valmimiseni ja sellest toodete tootmiseni. Märkis tõendab, et kanga tootmine on põhjalikult kontrollitud igas tootmisetapis ning protsessis osalevad osapooled järgivad teatud kriteeriume.

Standard tagab põllumajanduse, mis on pühendunud ökoloogilise jalajälje vähendamisele jäätmeteta ja GMO-vaba kasvatamise kaudu. [52]



Joonis 2.5.1.5. European Flax Sertifikaadi märkis

2.5.6 OCS

OCS ehk The Organic Content Standard ehk mahepõllundusliku sisu standardi eesmärk on toetada ja suurendada mahepõllunduslikku tootmist. Sertifikaat tagab, et töödes säilib mahepõllumajandusliku koostise identsus ja talust kuni lõpptooteni.



Joonis 2.5.1.6. OCS märkis

3 RÕIVAMATERJALIDE OMADUSTELE KEHTESTATUD NÕUDMISED

„Kvaliteedi“ mõiste on majanduses suhteline mõiste, seega on igal tootel erinev tarbimisväärtus, mida ka erinevalt mõõdetakse. Kvaliteetne toode on toode, mida kasutatakse kauem, mida saab taaskasutada ning vajadusel parandada. Kvaliteetne toode saab mitmes standardite testis head punktid. Kanga kvaliteedi hindamiseks kehtestatakse kangale miinimumnõuded, mis on vajalikud kirjeldamiseks kleidikanga sobivust. Töös teostatakse vaid valitud katsed, kuna kõiki katseid pole mõttekas teostada. [55], [56]

3.1 Tekstiilmaterjali katsetamiseks kasutatavad standardid

Standard on ekspertide poolt koostatud ja tunnustatud normdokument, milles esitatakse reeglid, juhtnöörid ja omadused tegevustele. Katseid peab olema võimalik hiljem samades tingimustes korrata. Standardite järgimine katsetades kiirendab ja lihtsustab tööd. Standardite jälgimine pole kohustuslik, kui see pole õigusaktis viidatud või tehtud kohustuslikuks kliendi või riigihanke tingimustes.

Katsetamise keskkonnast sõltuvad katsetulemused ja seepärast toimub tekstiilide katsetamine standardsetes tingimustes, et hilisemad tulemused oleksid standarditega võrreldavad ehk kangas konditsioneeritakse. Standardatmosfääri temperatuur peab olema 20 Celsiuse kraadi ning õhuniiskus 65%. Kangast hoitakse lõtvunud asendis standardatmosfääris 24 tundi enne katsetamist.

Tõmbetugevust ribameetodil saab kasutada peamiselt kootud tekstiilkangaste puhul, kaasa arvatud venivad kangad. Tõmbetugevuse väärtus näitab suurimat jõudu, mida kangad avaldavad purunemisel. Katsekeha kinnitatakse katseseadmele ning katset teostatakse kuni purunemiseni. Arvutiekraanile kuvatakse graafik, millelt märgitakse üles katkekoormus (N) ja katkepikenemine (%). [57], [58]

Rebenemistugevus näitab kanga vastupidavust rebenemisele. Terava eseme taha kinni jäänud kangas võib rebeneda ning seega on oluline määrata rebenemistugevust. Pükstekujuline katsekeha kinnitatakse katseseadmele ning katset teostatakse kuni kangale märgitud rebenemise lõpp-punktini, mis on 25 mm kaugusel katsekeha servast.

Hõõrdekindlus näitab kiu vastupidavust hõõrumisele. Ringikujulist proovi, mis on paigaldatud proovihoidikusse ja allutatud kindlaksmääratud koormusele, hõõrutakse vastu standardkangast translatsioonilises liikumises. [59]

Pilling on tekstiili kulumisest põhjustatud pinnadefekt ehk topiliseks muutumine. Pillingut võib põhjustada kangaste pesemine ning kandmine, mil lahtised kiud kanga pinnalt hakkavad välja tulema ja tekitama tupsu kanga pinnale. Ringikujulist proovi hõõrutakse vastu standardkangast ning uuritakse valguskapis selle muutumist tsüklite vahepeal. [59]

Kanga mõõtmete muutus pesemise toimel on kanga omadus muuta enda esialgseid mõõtmeid pesemisel ja see iseloomustab materjali hooldamist ja väljanägemist. Mõõtmete muutust pesemise toimel väljendatakse protsentuaalselt nii lõime- kui ka koesuunas. Soovituslik on lõigata välja kuni kolm matekeha, kuid kanga puudumisel piisab ka ühest katsekehast. Katsekeha pestakse standardtingimustel ning jäetakse standardatmosfääri kuivama. Pärast kuivamist mõõdetakse katsekeha mõõtmed ja arvutatakse kokkuminemise protsent nii lõime kui ka koesuunas.

3.2 Kleidimaterjalile kehtestatud miinimumnõuded

Tabelis 3.2.1 on toodud välja omadus, mida katsetama hakatakse; parameeter, millega seda omadust mõõdetakse; standard, mille järgi katsetatakse ja miinimumnõue, millele kleidikangas vastama peab. Miinimumnõuetele vastavus on vajalik selle jaoks, et oleks teada, kas kangas on vastava toote tootmiseks sobiv.

Tabel 3.2.1. Kleidimaterjalile kehtestatud miinimumnõuded. [60]

Omadus	Ühik	Standard	Miinimumnõue
Tõmbetugevus ribameetod	Dekanjuuton (daN)	ISO 13934-1:2013	18 daN
Rebimistugevus	Dekanjuuton (daN)	ISO 13937-2	0,8 daN
Hõõrdekindlus	Kilopaskal (kPa) / tsüklite arv	EN ISO 12947	9 kPa/10000 tsüklit
Pillingukalduvus	Visuaalne hinnang / tsüklite arv	EN ISO 12945-2	3-4/2000 tsüklit
Mõõtmete muutus pesemise toimel	Protsent (%)	ISO 6330, EVS-EN ISO 3759:2011	-2% pikkusesse ja laiusesse muutus

4 RINGDISAINIST LÄHTUVA KLEIDI TOOTEARENDEUS

Antud peatükis tehakse läbi kogu tootmisprotsess ühe tootega, ringdisainitud ja biolagunev kleit, koos dokumentatsiooniga: toote tehnoloogiline kaart, toote tehnoloogiline järjestus, lekaalid, koostatakse kvaliteedi- ja nõuetekontroll. Katsetatakse valituks osutunud linast materjali ning tutvustatakse lühidalt töös kasutatud programme.

Tehnoloogiline kaart on tööstuses põhiline dokument tootel, kus on kirjas kõik seadmed ja oskused, mida toote tootmiseks on vaja, erinevad nõuded (kanga kiuline koostis ja värv, nõela number, niidi värv ja jämedus) ning toote tehniline joonis.

Toote tehnoloogilises järjestuses on toodud välja täpne jagumatute operatsioonide järjestus, mille järgi toodet operatsiooni viisiliselt toota.

Toote kvaliteedikontroll on punktide kaupa välja toodud õmblused ja osad, mida toote juures kontrollida, mis näitavad selle toote kvaliteeti (näiteks õmbluse pikkus ja ühtlane äärestus).

Toote nõuetekontroll on vastavus tootele seatud nõuetest tuginedes teoreetilises osas saadud teadmistele ning koostatud nõuetele töö teises peatükis.

Konstrueerimine tähendab üldiselt igasuguse tööstustoote tehnilist kavandamist. Kavandamist alustati paberile ideede visandamisega ning internetist inspiratsiooni otsimisega. Sellele järgnes tehnilise joonise tegemine, mida muudeti korduvalt vastavalt teadmistele, mida töökäigus juurde saadi ning lõplik tulemus on näha tehnoloogilisel kaardil.

Tehnilise joonise tegemiseseks kasutati Kaledo Style programmi. Lekaalide valmistamiseks kasutati Accumark programme (Accumark Explorer, Pattern Design).

Toote disain pidi olema kohe algselt võimalikult lihtne, mugav, ilma lisadetailideta ning mitmeti kantav, et pikendada selle eluiga ja vähendada sellega kahju keskkonnale toote eluea lõpus.

Kuigi ringmajandusliku toote valmistamiseks oleks sobilikke materjale veel, siis valis autor välja nelja loodusliku tekstiilmaterjali seast sobilikuma antud tootele neid tekstiilmaterjalide omadusi ja jätkusuutlikust omavahel võrreldes, samuti võttes arvesse Eesti traditsioone ja geograafilist asukohta, et võimalusel võiks Eestis toimuda kogu toote ringdisainimine. Kui toormaterjali on võimalik kasvatada Eestis on

vähemalt esialgu lihtne järgida ja jälgida ringdisaini etappe. Võimalik on läbi teha tootel kogu elutsükkel tooraine ammutamisest kuni uuesti ringlusesse võtmiseni.

Antud töös valitakse välja tootearenduseks ühest kiust koosnev kangas, mis lisaks oleks ka kemikaalidega töötlemata ning loodusesse sattudes kiiresti lagunev keskkonnasaastet tekitamata. Seesugune jätkusuutlik mõtlemine peataks uute segatekstiilmaterjalidest toodete tootmist, leevendaks keskkonnasaastet ja aitaks tegeleda juba tekkinud segatekstiilmaterjalidest jäätmetega ilma, et tekiks juurde suurtes kogustes uusi keerulise koostisega tekstiilijäätmeid. [61]

4.1 Tootele kehtestatud nõudmised

Eelnevale uurimuslikule osale tuginedes disainitakse lõputöö raames kleit, mis vastaks ringmajanduslikule tootele esitatud tingimustele ja nõuetele.

Nõuded kavandatavale tootele:

1. Toode, millel on mitu kandmisviisi, et pikendada selle eluiga.
2. Mugav kanda.
3. Toote välimus on jätkusuutlikumat mõtlemist propageeriv.
4. Toodet on lihtne ümbertöödelda, see koosneb vähestest ja kemikaali-vabadest materjalidest.
5. Toode on hõlpsamaks jäätmekäitluseks biolagunev.
6. Tootes kasutatav materjal on toodetud vastavalt ringmajanduse põhimõtetele.
7. Pigem odavam materjal ning tavapärane, et mitte tõsta toote enda hinda.
8. Tootes kasutatav materjal on Eestis kergesti kättesaadav.
9. Materjalist ei eraldu pestes ega kuludes kahjulikke kemikaale, kiudusid või mikroplasti osakesi.
10. Materjal on vastupidav ning kauakestev, vastupidav ka hallitusele ja seentele.
11. Toote materjali omadused vastavad kleidikanga miinimumnõuetele.

4.2 Valitud materjal

Töö autor valis toote materjaliks lina. Lina saab kasvatada Eestis. Lina ei ole nii vastuvõtlik seentele ja hallitusele ning on vastupidav ja sellest valmistatud tooteid on mugav kanda. Linast kangast on kerge ümbertöödelda ning oma eluea lõpus on puhas linane materjal ka biolagunev. Lina materjalina pole nii uudne, seega pole see nii

hinnaline materjal, kuigi looduslike tekstiilmaterjalidega võrreldes pisut kallim. Linasest kangas ei eralda pesemisel, kandmisel ega lagunemisel mikroplasti osakesi. Puhtast linasest kangast toode, mida pole värvitud, on jätkusuutlikumat mõtlemist propageeriva välimusega.

Linane kangas soetati Kangas ja Nööp kangapoest, kanga päritoluriik on Saksamaa.

4.3 Katsete läbiviimise lühikirjeldused ja tulemused

Katsed viidi läbi Tallinna Tehnikaülikooli Tekstiilitehnoloogia laboris.

4.3.1 Linakiu mikroskoopia

Tekstiilkiudude määramiseks on mitmeid võimalusi, kuid üks lihtsamaid viise looduslike kiudude sh linakiu määramiseks on mikroskoopia, kuna linakiul on iseloomulik ning lihtsasti äratuntav välimus.

Aparatuur: Valgusmikroskoop BioBlue (Lisa 8), arvuti koos tarkvaraga ImageFocus4, suurendus 100 korda

Katsekäik: Vaadeldavast kangast tõmmatakse välja üks koelõng ja üks lõimelõng. Lõime- ja koelõngast saadud kiude vaadeldakse eraldi. Need harutatakse üles ning eraldatakse võimalikult palju kiude üksteisest. Seejärel pannakse kiud alusklaasi ja pealisklaasi vahele koos tilga destilleeritud veega ning asetatakse mikroskoobi alla suurendus 100 korda. Otsitakse linakiule iseloomulikke tunnuseid nagu näiteks ristisuunalised sõlmed, mis muudavad linakiu mikroskoobi all sarnaseks bambusele. Kiud on sirge ja ilma keerdujeta. Tehakse valitud kohtadest linakiust pildid, kus on tunnused teravalt ning fokuseeritult näha (Lisa 9). [62]

4.3.2 Konditsioneerimine ISO 139:2005/DDAM 1:2011

Kangast hoitakse 24 tundi standardatmosfääris.

Aeg: 24 h

Temperatuur: 20 Celsiuse kraadi

Õhuniiskus 65%

4.3.3 Tõmbetugevus ribameetodil ISO 13934-1:2013

Tõmbetugevus näitab kanga suurimat pinget, mida ta suudab taluda enne kui see puruneb.

Aparatuur: konstantse pikenduskiirusega testmasin (constant-rate-of-extension (CRE), arvuti

Katsekehad: Kangast lõigatakse välja nii koe- kui lõimesuunas 3 kuni 5 60 mm * 300 mm suurused katsekehad.

Katsekäik: Kangas konditsioneeritakse ja lõigatakse välja sellest katsekehad. Kaalutakse katsekeha ära, arvutatakse selle pindtihedus.

(4.3.3.1)

$$M = \frac{m \cdot 1000}{A}$$

Kus M – pindtihedus, g/m^2

m – katsekeha mass, g

A – katsekeha pindala, m^2

Kanga pindtihedus vastavalt valemile on $137,7 \frac{g}{m^2}$.

Raskuseks määratakse 10 000 N (njuutonit) ning ülemise haaratsi kiiruseks 100 mm / min. Katsekeha kinnitatakse CRE katsemasinale ning tulemuseks saadakse maksimaalne jõud njuutonites, vajadusel purunemise jõud ning pikendus millimeetrites või protsentides maksimaalse jõu juures. Tulemused kuvatakse ekraanil graafikutena. Katsete läbiviimise kuupäev: 11. mai 2023.

4.3.4 Rebenemistugevus ISO 13937-1

Rebenemistugevus näitab kanga vastupidavust rebenemisele. Terava eseme taha kinni jäänud kangas võib rebeneda ning seega on oluline määrata rebenemistugevust.

Aparatuur: Konstantse pikenduskiirusega testmasin (constant-rate-of-extension (CRE), arvuti

Katsekehad: Joonise L12.1 järgi lõigata välja 5 katsekeha lõimesuunas ja 5 katsekeha koesuunas.

Katsekäik: Kangas konditsioneeritakse ning lõigatakse seejärel sellest välja katsekehad. CRE testmasina ülemise haaratsi kiiruseks seatakse 100 mm / min ning raskuseks 500 N. Katsekeha kinnitatakse testmasina lõugade vahele (Joonis L12.2) ning ülemine masina haarats hakkab liikuma rebides katsekeha kuni märgistatud punktini. Kui test on õige, siis niidid ei libise kangast välja, kangas ei libise lõugade

vahel ja rebend kulgeb mööda jõu rakendamise suunda. Katsetulemused kuvatakse arvutis graafikuna. Katsete läbiviimise kuupäev: 11. mai 2023

4.3.5 Hõõrdekindlus EN ISO 12947

Hõõrdekindlus on kiu vastupidavus hõõrdumisele.

Aparatuur ja vajalikud lisavahendid: Hõõrdekindluse testimise masin (Martindale'i kulumiskatsetusmasin)

Katsekehad: 3 katsekeha, kettad 38 mm läbimõõduga.

Katsekäik: Kangast konditsioneeritakse ja lõigatakse välja seejärel katsekehad. Katsekehade väljalõikamisel jälgida, et katset ei venitataks. Masin seadistamisel pannakse kangale raskus 9kPa (kilopaskalit). Katsekeha kinnitatakse masinale ning alustatakse katsetamist. Katset teostatakse intervalliga 1000 tsüklit ja iga intervalli järel kontrollitakse katsekehasid ning tehakse märkmeid muutuste kohta. Katsetatakse seni, kuni miinimumnõue, milleks on 10000 tsüklit on ületatud või kui kangal kaks erisuunalist niiti purunevad. Katsete läbiviimise kuupäev: 18. mai 2023.

4.3.6 Pillingukalduvus EN ISO 12945-2

Pilling on kanga topiliseks muutumine.

Aparatuur: Martindale'i kulumiskatsetusmasin, valguskapp

Katsekehad: 3 katsekeha 140 mm läbimõõduga kettad.

Katsekäik: Kangas konditsioneeritakse ning sellest lõigatakse välja katsekehad. Katsekehad kinnitatakse Martindale'i katseseadmele ning alustatakse katsetamist tsüklitega 125 tsüklit, 500 tsüklit, 1000 tsüklit ja 2000 tsüklit. Iga lõppenud tsüklite järel vaadeldakse katsekeha valguskapis ja antakse materjali muutustele (pillingule) 5-pallisüsteemis hinne. 1 on kõige halvem ja 5 kõige parem, mis tähendab, et muutusi ei toimunud.

4.3.7 Mõõtmete muutus pesemise toimel ISO 6330:2021, EVS-EN ISO 3759:2011

Aparatuur ja vajalikud vahendid: Pesumasin, standard pesupulber, mõõtevahendid

Katsekehad: 1 katsekeha mõõtudega 500 mm * 500 mm (Joonis L15.1)

Katsekäik: Kangas konditsioneeritakse ja lõigatakse sellest välja katsekeha ning tehakse peale niidiga märked vastavalt joonisele L15.1. Igale küljele tehakse eriarv sälke, et tuvastada hiljem vastavaid külgi. Kangas mõõdetakse üle. Kaalutakse välja standardpesupulber 20g ning katseks vajalik lisakanga kogus puuvillaseid rätikuid 2,2 kg. Seatakse pesumasina režiimiks 40 Celsiuse kraadi, 38 minutit, pööordeid 1000. Pärast pesu kuivatada „flat dry“ ehk laialilaotuna tasapinnale ilma pingeteta standardatmosfääri. Kangas mõõdetakse üle ning leitakse kokkutõmbumise protsent.

(4.3.7.1)

$$U = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \cdot 100$$

Kus U – kokkutõmbumise %

L_1 – materjali paksus või laius enne töötlemist, mm

L_2 – materjali paksus või laius pärast töötlemist, mm

4.4 Materjalikatsetuste tulemused ja järeldused

Mikroskoopia andis kinnitust, et tegemist on 100% linase kangaga. Tõmbetugevuse miinimumnõue kleidikangale on 180 N. Katsest järeldub (Tabelid L11.1 ja L11.2), et kangas sobib kleidikangaks, kuna ületas miinimumnõude. Tabelites L13.1 ja L13.2 on rebimistugevuse katsetulemused. Rebimistugevuse miinimumnõue kangale rebimistugevuse määramisel on 8 N. Kangas on piisavalt vastupidav rebimisele. Koesuunaliste katsekehade katsetamisel ei õnnestunud kolm viimast katset, kuna lõngad hakkasid lahti hargnema. Samas oli selles suunas rebimistugevus suurem, kui lõimesuunas. Koesuunas on rebimistugevus 30 N ja lõimesuunas 25 N. Tabelis 14.1 on hõõrdekindluse katsetulemused. Kangas ei vasta miinimumnõuetele, kuna peab hõõrdekindlusele vastu 4000 tsüklit 9kPa (kilopaskal) raskuse juures, kuid miinimumnõue oli 10000 tsüklit 9kPa raskuse juures.

Pillingu miinimumnõue kleidikangale pärast 2000 tsüklit on hinne 3-4. Pillingu keskmine hinnang (Lisa 16, Tabelid L16.1, L16.2, L16.3 ja L16.4) pärast 2000 tsüklit on 3, seega kangas vastab miinimumnõuetele, kuid hinnang võiks olla parem. Ilmselt võiks teha tsükleid rohkem, et saada rohkem tulemusi, mida hinnata ja võrrelda, kuna pilling võib pärast 2000 tsüklit hakata ka vähenema. Mõõtmete muutus pesemise toimel (Lisa 17, Tabel 17.1) oli lubatud kuni 2%. Katsete keskmine kokkutõmbumise protsent on 1,79%. Seega vastab kangas miinimumnõuetele.

4.4.1 Materjalikatsetuste koondkatsetulemused ja hinnang materjalile

Miinumnõue on madalaim väärtus, millele kanga katsetulemused minimaalselt vastama peavad. Kanga pole sobilik kleidi valmistamiseks, kui selle tulemused standardikatsetes jäävad alla miinumnõuetele.

Tabelis 4.4.1 on antud standardite järgi tehtud katsete koondtulemused ning miinumnõuded kleidikangale.

Tabel 4.4.1. Katsetulemused ja miinumnõuded. [60]

Karakteristik	Standard	Katsekeha mõõtmed	Katsetulemuste keskmised	Miinumnõue
Tõmbetugevus ribameetod	ISO 13934-1:2013	60 mm*300 mm 3-5 tk koesuunas, 3-5 tk lõimesuunas	Koesuunas 264 N Lõimesuunas 354 N	18 daN = 180 N Miinumnõue on täidetud
Rebimistugevus	ISO 13937-1	Joonisel 5 tk koesuunas, 5 tk lõimesuunas	Koesuunas 30 N Lõimesuunas 25 N	0,8 daN = 8 N Miinumnõue on täidetud
Hõõrdekindlus	EN ISO 12947	Ümmargused 35 mm läbimõõduga 5 tk	9 kPa/4000 tsüklit	9 kPa/10000 tsüklit Miinumnõue täitmata
Pillingukalduvus	EN ISO 12945-2	140 mm läbimõõduga ketas 3 tk	Hinne 3	3-4 (2000 tsüklit) Miinumnõue täidetud
Mõõtmete muutus pesemise toimetel	ISO 6330, EVS-EN ISO 3759:2011	50 cm*50 cm 1 tk	1,79%	-2% pikkusesse ja laiusesse muutus Miinumnõue täidetud

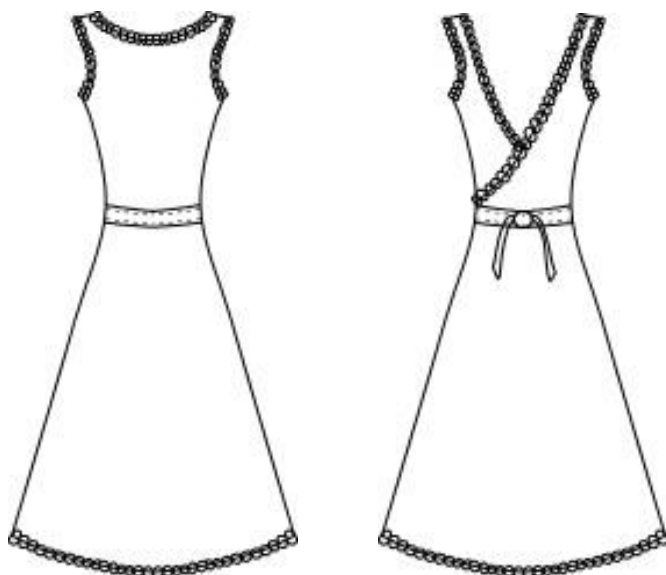
Hinnang materjalile: Materjal sobib osaliselt kleidikangaks. Hõõrdekindlus on materjalil väga väike, mistõttu võiks eelistada paksemat linast materjali. Väga üllatav oli pillingu hinnang pärast 2000 tsüklit. See hinnang oleks võinud olla linasel kangal parem, kuna linane kangas ei peaks olema nii aldis pillingule. Mõõtmete muutus pesemise toimetel oli loomulik. Ilmselt pärast teisi pesukordi kangas nii palju kokku ei tõmbu. Selle katse järeldusena võiks kanga enne sellest toote õmblemist läbi pesta. Rebimistugevuse ja tõmbetugevuse määramisel katsekeha järsku purunemist ei toimunud vaid katse

alguses venis katsekeha välja ning koe- ja lõimesuunalised niidid tulid üksteisest välja ja alles seejärel purunesid.

4.5 Toote tehnoloogiline kaart

Mudel	Kiuline koostis	Värv	Suurus	Kaubamärk	Toote nimetus
1.0	100% lina	Naturaalne	C36 – C40	Jaaniste	Ringdisainitud kleit

Toote joonised eest- ja tagant vaade



Tehnilised tingimused

Nõelateravik nr 90 RG
 Niidid nr 120, 100% puuvill
 Pistetihedus 3p/cm
 Piste tüüp 301
 Käeaugukaared, kaelakaar, hõlmikute ülemine ja alumine osa ja allääres ühekordne palistus kanga paremale poole ja kaetud pitsiga. Õv 0,5 cm, pitsi laius 1,5 cm.
 Seose valmislaius 3 cm. Õv 0,5 cm pöördõmblus. Seose kaping 0,2 cm.
 Küljeõmblused - kahekordne õmblus. Õv 1,5 cm.

Hooldustingimused



Lekaalide loetelu ja lõikamiskord

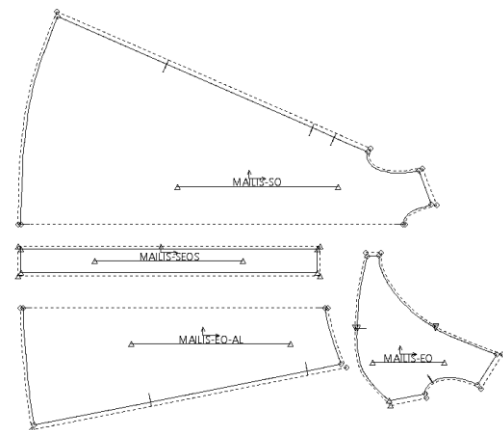
Lekaali nimi	Detail	Materjal	Lõikamiskord
MAILIS-SO		LINA	1 tk
MAILIS-EO-AL		LINA	1 tk
MAILIS-EO		LINA	1 paar
MAILIS-SEOS		LINA	2 rk

Pitside loetelu ja kogus (pitsi laius 1,0 cm kuni 2,0 cm)

Hõlmikute ülemise serva pits	Pikkus 134,74 cm	1 tk
Hõlmikute alumiste servade pits	Pikkus 52,67 cm	2 tk
Käeaugukaare pits	Pikkus 42,52 cm	2 tk
Allääre pits	Pikkus 222,4 cm	1 tk

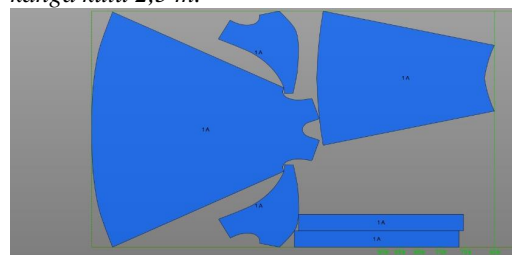
Etikett 10 cm kõrgusel alläärest, kandja paremal pool.

Lekaalid



Lekaalide paigutus

Kanga kasutamise efektiivsus 64,94%;
 kanga laius 150 cm,
 kanga kulu 2,5 m.



Marker name: 144 CM
 Utilization: 64.94%

Length: 2m 49,26cm
 Model/Size/Qty: MAILIS 1/1

Width: 144,00cm
 Unplaced/Placed: 0/6

4.6 Tootle lekaalid ja nende paigutus

Toote lekaalid on digitaalselt või paberile tehtud toote detailide reaalses suuruses šabloonid, mille järgi lõigatakse kangast õige detailid välja (Lisa 3).

Lekaalide paigutus (Lisa 4) kangal on oluline materjali võimalikult efektiivseks kasutamiseks ning lõikusjäätike vähendamiseks. Üksiktoote lekaalide paigutus ei anna erilist kasumlikkust. Lekaalide paigutus hakkab suuremat rolli mängima masstootmises. Mitme erineva toote detailide paigutamine kangale annab võimalusi jäätmete vähendamiseks läbi efektiivsema paigutuse.

Kleidi lekaalid tehti alguses läbi käsitsi paberile ning hiljem need skänniti sisse arvutisse ja tehti järgnevaid parandusi digitaalselt. Seejärel printiti ja lõigati lekaalid välja ja lekaalide paigutuse alusel toimus juurdelõikus.

4.7 Tootle tootmise tehnoloogiline järjestus

Tabelis L10.1 (Lisa 10) on tootmise tehnoloogiline järjestus, mis on vajalik tootmise lihtsustamiseks, toote kvaliteedi parandamiseks ning toote tootmiseks kuluva aja optimeerimiseks. Rõivaste tootmisel koostatakse tootele ja tema mudelitele enne tootmise alustamist tehnoloogiline järjestus, mille aluseks on toote valmistamiseks valitud optimaalsed töötlemismeetodid ja olemasolevad seadmed. Tehnoloogiline järjestus annab ülevaate, operatsioonidest ja nende järjestusest, operatsioonide tegemiseks vajalikest tingimustest ning milliseid vigu vältida või mida toote tootmise juures jälgida.

4.8 Tootle kvaliteedi hindamine

Toote kvaliteedi kontrollimiseks on välja töötatud kvaliteedinõuded, millele toode peab vastama. Tabel 4.8.1 on toote kvaliteedi hindamisleht, kuhu on antud maksimaalsed punktid tootele vastavalt kvaliteedinõude olulisusele (disainimise etapis) ning toote kvaliteeti kontrollides antakse igale kvaliteedinõudele vastavalt punkte. Saadud punktidest arvutatakse välja toote kvaliteediprotsent.

Tabel 4.8.1 Toote kvaliteedi hindamine

Jrk nr	Kvaliteedinõuded	Max punktid	Saadud punktid
1.	Õmbluste kvaliteet (pisted, pistetihedus)	6	4
2.	Hõlmikute vöö ühtlane laius	3	3
3.	Küljeõmbluse kvaliteet	4	3
4.	Pitsi kvaliteet kaelakaares ja hõlmikute ülemises servas	3	2
5.	Diagonaalkandi kvaliteet käeaugukaares	3	2
6.	Õlaõmbluse kvaliteet	2	2
7.	Hõlmikute alumise serva pitsi kvaliteet	3	3
8.	Allääre kvaliteet	3	3
9.	Istuvus	5	5
10.	Etiketi asukoht	X	X
11.	Kantavus kahte pidi (seljaosa seljaosana või seljaosa esiosana)	5	5
12.	Standarditele vastavus (iga standard annab 3p)	15p	10
	Punktid kokku:	52	42

$$\text{Kvaliteedi \%} : \frac{100 \cdot 42}{52} = 81\%$$

(4.8.1)

$$p = \frac{100\% \cdot x}{a}$$

Kus p – kvaliteediprotsent %

x – tootele antud punktid

a – maksimaalne võimalik punktisumma

Toote kvaliteediprotsent on üpriski madal, kuna esiktoodet õmmeldes vahetati niiti ning niidi kvaliteedist sõltuvalt langes ka kvaliteediprotsent. Korduv niidivahetus oli tingitud niidi katkevusest ning hiljem niidi mittedobivusest, kuna see osutus liiga jämedaks. Protsent sõltub suuresti ka kanga kvaliteedist, mille katsetamise käigus selgus, et konkreetne valitud kangas ei ole kõige parem antud toote õmblemiseks.

Kvaliteediprotsenti saab parandada kvaliteetsema kanga ning niidi soetamisega, mida eelnevalt pikemalt katsetada, et kvaliteedis veenduda.

4.9 Toote nõuetele vastavus ringdisainist lähtuvalt

Tabeli 4.9.1 abil saab hinnata kleidile algselt seatud nõuetele vastavust ning arvutada välja protsenti, kui palju kleit nõuetele vastab. Tabel annab ülevaate toote kitsaskohtadest ning tootearenduse võimalustest.

Tabel 4.9.1 Toote nõuetele vastavus

Jrk nr	Nõue	Jah	Ei
1.	Välimus ringmajandust propageeriv	X	
2.	Mikroplati mitte eraldav	X	
3.	Kergesti ümbertöödeldav	X	
4.	Lisadetailideta	X	
5.	Koostis ühest kiust		X
6.	Materjal toodetud ringmajanduse põhimõtetel		X
7.	Eestis kättesaadav materjal	X	
8.	Ei eralda pestes ega kuludes kahjulikke kemikaale	X	
9.	Vastupidav, kauakestev, vastupidavus seentele ja hallitusele	X	
10.	Standarditele vastavus	X	
11.	Biolagunev	X	
12.	Mugav	X	
	Punktid kokku:	10/12	
	Protsent:	83%	

Punktide 5 ja 6 kommentaarid: Kangas koosneb ühest kiust (lina), kuid niit on puuvillane. Katsetati läbi mitmeid linaseid niite, kuid ükski neist polnud piisavalt kvaliteetne või sobiv kleidi õblemiseks. Peenemad niidid katkesid õblemise ajal ja jämedamad olid liiga jämedad õhukese kanga jaoks. Konkreetne kangas on käsitööpoest lihtsasti kättesaadav linane kangas ilma märgistusteta. Toodet tootma hakates tuleb soetada ringmajanduse põhimõtetel ja ökomärgistega kangas.

Toode vastab kümnele punktile kaheteistkümnest, mis on väga hea punkt tulemus.

4.10 Tööprotsessi ja lõpptoote analüüs

Kleit õmmeldi läbi, et veenduda selle istuvuses ja mugavuses. Samuti parandati istuvust õblemise käigus ja viidi parandused sisse ka digitaalsetele lekaalidele. Autori soovil kasutati kleidi õblemisel vaid universaalõmblusmasinat ning lisaseadet seoste õblemiseks. Autor soovis, et lahtised lõikeservad oleksid kaetud vältimaks

õmbluste ja kanga hargnemist ning tõsta toote kvaliteeti ja pikendada läbi selle toote eluiga.

Algselt valitud niidid olid madala kvaliteediga, mistõttu otsustas autor kasutada linase niidi asemel õmblemisel puuvillast niiti. Kanga ja niidi madal kvaliteet mõjutas suuresti ka toote kvaliteedi protsenti.

Kleidil on võimalik kanda seljaosa seljaosana või esiosa seljaosana. Samuti sobib kleit vähemalt kolmele suurusnumbrile 36, 38 ja 40. Tõenäoliselt sobib kleit ka väiksematele ja suurematele suurustele lisaks eelpool mainitutele, kuna seosed andsid piisavalt vabadust, millest võib järeldada, et võiks proovida kleiti ka veel suurematele ja väiksematele suurustele. Kleiti prooviti 36, 38, 40 suuruse kandjatele, neile kõigile kleit sobis ning nad andsid sellele hea suulise hinnangu. Kandjad soovisid jääda anonüümseteks. Nende hinnangul võiks selliseid kleite toota ning nad oleksid valmis looduse säästmiseks kleidi eest ka rohkem maksma. Kahe kandja jaoks ei olnud toote värv oluline kuid üks soovis, et kleiti tellides oleks võimalik valida selle värvi. Siin oleks ka edasiarenduse ning uurimise võimalus. Kandjate hinnangul on kleidi eluea lõpp hästi läbi mõeldud. Hetkel puudub toimiv kangaste liigiti kogumise süsteem, et kleiti taaskasutada või ümber töödelda ning tarbija tahe ja motivatsioon toodet selle eluea lõpus kogumispunkti toimetada. Töös disainitud kleit on biolagunevast materjalist, seega on toode biolagunev.

Kleidile disainilise väärtuse ning originaalse välimuse andmiseks kasutati 100% linasest materjalist käsitsi heegeldatud pitsi kõikide paremale poole õmmeldud ühekordsete õmbluste katmiseks, et tootele ei jääks lahtiseid lõikeservi. Kleiti suuremas koguses tootes oleks soodsam kasutada masinkootud pitsi, samas võib käsitöö anda tootele lisandväärtust juurde. Pitside mustrit saaks vastavalt tellija soovile muuta.

Kleidi välimus on jätkusuutliku mõtlemist propageeriv ja seda on lihtne ümber töödelda, kuna kangas koosneb ühest kiust. Kleit vastab ringmajanduse põhimõtetele. Kõrgema kvaliteediga kangas, millel on ökomärgis(ed) parandaks oluliselt ka kleidi kvaliteeti ning vähendaks toote kahju keskkonnale. Veelgi keskkonnakahju vähendamiseks võiks valida kleidi õmblemiseks juba ümbertöödeldud linakiust kanga.

KOKKUVÕTE

Tekstiilitööstus on ühe suurema süsinikujalajäljega tootmisharusid, mis kasutab oma tootmises väga palju taastumatuid ressursse, kemikaale ning vett. Suur kogus tekstiilijäätmeid ladestatakse prügilatesse või põletatakse selle asemel, et neid ümber töödelda ning taaskasutada. Tekstiilitööstuse peamine ja suurim väljakutse on keskkonnasaaste vähendamine tekstiile taaskasutades ning ringlusesse võttes. Praegusel ajal baseerub tekstiilitööstus suuresti lineaarmajandusele, kuigi väljakutsetega tegelemiseks peaks üha enam tekstiilitööstuses kasutusele võtma ringmajanduse süsteemi.

Ringmajandus on tootmise ja tarbimise mudel, mille põhiline eesmärk on loodusressursside jätkusuutlik kasutusviis, hoides tooteid võimalikult kaua ringluses, et pikendada nende eluiga ning vähendada jäätmete tekkimist. Oluline on ringmajanduse mudeli puhul ettevõtete omavaheline koostöö ja rahvusvahelised kokkulepped, mida saab nimetada tööstussümbioosiks, et luua kinnine tootmistsükkel, kus ettevõtted kasutavad ära üksteise jäätmeid, jääksoojust ja muid kõrvalsaadusi.

Ringmajanduse põhimõtetel toodetud toode on ringdisainitud toode, mille puhul mõeldakse kogu toote elutsükkel läbi juba toote disainimise etapis, et vähendada selle kahjulikku mõju keskkonnale.

Töö eesmärk oli kavandada ning luua ringdisainist lähtuv toode, mis on vastupidav, mugav kanda ning tootmine majanduslikult kasulik ja keskkonnasäästlik saastates loodust minimaalselt igas toote elutsükli faasis tootmisest kuni utiliseerimiseni. Tooteks kavandati kahtepidi kantav kleit, mis pidi koosnema ühest kiust ning ei tohtinud sisaldada lisasid nagu näiteks lukud ja nööbid. Kleidimaterjaliks valiti looduslike kiudude võrdlemise põhjal 100% linane materjal. Peamiselt selle heade omaduste, tugevuse ning looduses lagunemiskiiruse pärast, aga ka seepärast, et lina on Eesti traditsiooniline materjal ja seda on võimalik Eestis suurema vaevata kasvatada ning sellest kangast toota. Eestis kanga tootmine tooks Eestile majanduslikku kasu, samuti vähendaks see suuresti transpordikulusid. Kleidi kogu elutsükli jälgimine Eestis oleks lihtsam.

Kangas soetati Eesti käsitööpoest, sest linased kangad on oma olemuselt väga sarnased ning üksiktoote jaoks kanga tellimine välismaalt oleks autorile liialt kulukas. Kangast testiti Tallinna Tehnikaülikooli tekstiililaboris ning katsete tulemusena järeldus, et konkreetne valitud kangas on madala kvaliteediga. Katsetes vastas kangas enamasti miinimumnõuetele va hõõrdekindlus, mis jäi väga palju alla

miinimumnõude ning seega võiks eelistada paksemat materjali, samuti oleks võinud parema tulemuse anda pillingukatse, mille hindeks pärast 2000 tsükli oli viiepallisüsteemis 3. Kvaliteetsetel kangastel peaks see olema 4 kuni 5 punkti. Mõõtmete muutus pesemise toimetel oli loomulik. Ilmselt pärast teisi pesukordi kangas nii palju kokku ei tõmbu. Selle katse järelendusena võiks kanga enne sellest toote õblemist läbi pesta. Rebimistugevuse ja tõmbetugevuse määramisel katsekeha järsku purunemist ei toimunud vaid katse alguses venis katsekeha välja ning koe- ja lõimesuunalised niidid tulid üksteisest välja ja alles seejärel purunesid. Katsetest järeldeb, et materjal sobib osaliselt kleidikangaks ning pigem eelistada paksemat kangast.

Kleidi lekaalid tehti alguses läbi käsitsi ning hiljem need skänniti sisse arvutisse ja tehti järgnevaid parandusi digitaalselt. Kleit õmmeldi läbi valitud materjalist, et veenduda selle istuvuses ja mugavuses. Toote istuvust parandati õblemise käigus ja viidi parandused sisse ka digitaalsetele lekaalidele. Autori soovil kasutati kleidi õblemisel vaid universaalõmblusmasinat ning lisaseadet seoste õblemiseks. Autor soovis tootele võimalikult puhtaid õmbluseid, et vältida õmbluste ja kanga hargnemist ning tõsta toote kvaliteeti ja pikendada läbi selle toote eluiga.

Algselt valitud niidid olid madala kvaliteediga, mistõttu otsustas autor kasutada linase niidi asemel õblemisel puuvillast niiti. Kanga ja niidi madal kvaliteet mõjutas suuresti ka toote kvaliteedi protsenti.

Kleiti on võimalik kanda kahtepidi, seljaosa esiosana või esiosa seljaosana. Kleit vähemalt kolmele suurusnumbrile 36, 38 ja 40.

Kleidile disainilise väärtuse ning originaalse välimuse andmiseks kasutati 100% linasest materjalist käsitsi heegeldatud pitsi. Kleiti suuremas koguses tootes oleks soodsam kasutada masinkootud pitsi, samas võib käsitöö anda tootele lisandväärtust juurde. Pitside mustrit saaks vastavalt tellija soovile muuta.

Kleidi välimus on ringmajandust propageeriv ja seda on lihtne ümber töödelda, kuna kangas koosneb ühest kiust. Kleit vastab ringmajanduse põhimõtetele. Kõrgema kvaliteediga kangas, millel on ökomärgis(ed) parandaks oluliselt ka kleidi kvaliteeti ning vähendaks toote kahju keskkonnale. Veelgi keskkonnakahju vähendamiseks võiks valida kleidi õblemiseks juba ümbertöödeldud linakiust kanga.

Algselt seatud eesmärk kavandada ringdisainist lähtuv kleit sai täidetud ning katselises osas välja tulnud probleemid aitavad edaspidi ringdisainitud toote disainimisel teatud vigu vältida.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] „Rang-Sells,” Ragn-Sells, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ragnsells.ee/keskkond/ringmajandus/>. [Kasutatud 22 september 2022].
- [2] „Euroopa Parlament,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/et/headlines/economy/20151201STO05603/ringmajanduse-tahendus-vajalikkus-ja-kasulikkus>. [Kasutatud 7 detsember 2022].
- [3] S. S. Muthu, Textiles and Clothing Sustainability : Recycled and Upcycled Textiles and Fashion, Singapur: Springer , 2016.
- [4] „Europarlament,” 11 jaanuar 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/et/headlines/society/20201208STO93327/tekstiilitootmise-ja-jaatmete-moju-keskkonnale-infograafik>. [Kasutatud 31 oktoober 2022].
- [5] „Ragnsells,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ragnsells.ee/keskkond/ringmajandus/>. [Kasutatud 7 detsember 2022].
- [6] „Ringmajandus,” Keskkonnainvesteeringute Keskus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://ringmajandus.envir.ee/et/ringmajandus>. [Kasutatud 22 september 2022].
- [7] „Study,” 13 jaanuar 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://study.com/academy/lesson/raw-materials-used-in-the-textile-industry.html> . [Kasutatud 10 oktoober 2022].
- [8] „Eesti Entsüklopeedia,” 2006. [Võrgumaterjal]. Available: http://entsyklopeedia.ee/artikkel/looduslik_kiud. [Kasutatud 12 oktoober 2022].
- [9] Y. Nawab, Textile Engineering : An Introduction, Pakistan: Walter de Gruyter GmbH, 2016.
- [10] Aguiar ja Jugend, „Sciencedirect,” 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622023307#bib41>. [Kasutatud 10 oktoober 2022].
- [11] „European Environment Agency,” 10 veebruar 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-and-the-environment-the>. [Kasutatud 23 mai 2023].
- [12] „Maailmakool,” 15 juuli 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://maailmakool.ee/materjalid/1069/toote-elutsukkel/>. [Kasutatud 16 veebruar 2023].
- [13] P. Ortner, „Sciencedirect,” 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622019448>. [Kasutatud 10 oktoober 2022].
- [14] K. M. Harri Moora, „Vomentaga,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.vomentaga.ee/sites/default/files/editor/failid/ringdisain.pdf>. [Kasutatud 24 mai 2023].
- [15] „Hakkaettevõtjaks,” 18 detsember 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://hakkanettevotjaks.ee/tootmise-ja-teenindamise-pohiprotsess-ehk-kuidas-ari-tootab/>. [Kasutatud 11 detsember 2022].
- [16] „Europarlament,” 7 juuli 2022. [Võrgumaterjal]. Available: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/compliance/index_et.htm. [Kasutatud 11 oktoober 2022].
- [17] „Tarbjakaitse ja tehnilise järelvalve amet,” [Võrgumaterjal]. Available:

- <https://www.ttja.ee/ariklient/ohutus/tooted-teenused/roivad-ja-jalatsid>. [Kasutatud 11 detsember 2022].
- [18] E. E. Agency, „European Environment Agency,” European Environment Agency, 19 november 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-in-europes-circular-economy>. [Kasutatud 2 aprill 2023].
- [19] P. Luoma, „Sciencedirect,” 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162522003833>. [Kasutatud 10 oktoober 2022].
- [20] „Keskkonnaministeerium,” 26 november 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://envir.ee/et/tekstiilringlusse#mida-saad-sina-ara-t>. [Kasutatud 29 september 2022].
- [21] E. Komisjon, „Eur-LEX,” Euroopa Komisjon, 11 märts 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM%3A2020%3A98%3AFIN>. [Kasutatud 2 aprill 2023].
- [22] K. Martin, H. Moora, K. K. Hvass ja D. Watson, „SEI,” 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2019/02/eesti-tarbimisjargsed-roiva-ja-tekstiilivood.pdf>. [Kasutatud 29 september 2022].
- [23] K. K. H. ,. H. M. j. K. M. V. N. I. G. D. A. David Watson, „TemaNord,” juuli 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://pub.norden.org/temanord2020-526/#32480>. [Kasutatud 19 mai 2023].
- [24] G. Sandin ja G. Peter, „Sciencedirect,” 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618305985>. [Kasutatud 26 oktoober 2022].
- [25] K. W. T. M. Tiia Plamus, „Eesti ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete uuring,” Technopolis Group, Vastutustundliku Ettevõtluse Foorum, Teeme Ära SA, 2021.
- [26] „Tallinn,” 3 juuni 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.tallinn.ee/et/keskkond/jaatmetekke-vahendamine>. [Kasutatud 29 september 2022].
- [27] „Euratex,” 2022. [Võrgumaterjal]. Available: https://euratex.eu/wp-content/uploads/EURATEX_FactsKey_Figures_2022rev-1.pdf. [Kasutatud 29 september 2022].
- [28] „Eesti Entsüklopeedia,” 2009. [Võrgumaterjal]. Available: http://entsyklopeedia.ee/artikkel/mulla_happesus1. [Kasutatud 22 mai 2023].
- [29] K. Pickering, Properties and Performance of Natural-Fibre Composites, Cambridge: Woodhead Publishing, 2008.
- [30] „Looduskiud,” [Võrgumaterjal]. Available: <http://looduskiud.lumekiri.ee/taimsed-kiud/puuvill/>. [Kasutatud 10 oktoober 2022].
- [31] A. K. Chapagain, A. Y. Hoekstra, H. H. G. Savenije ja R. Gautam, „Sciencedirect,” 2006. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800905005574?via%3Dihub>. [Kasutatud 20 oktoober 2022].
- [32] „Loodusajakiri,” 2010. [Võrgumaterjal]. Available: http://vana.loodusajakiri.ee/loodusesober/artikkel1764_1735.html. [Kasutatud 20 oktoober 2022].
- [33] „Truthaboutthreadcount,” [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.truthaboutthreadcount.com/pure-linen.html>. [Kasutatud 20 oktoober 2022].
- [34] „Looduskiud,” [Võrgumaterjal]. Available: <http://looduskiud.lumekiri.ee/taimsed-kiud/lina/>. [Kasutatud 20 oktoober 2022].

- [35] L. Cowley, „Ecoworldonline,“ 3 juuni 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://ecoworldonline.com/linen-fabric-and-flax-cultivation/>. [Kasutatud 31 oktoober 2022].
- [36] „Eesti Entsüklopeedia,“ 2011. [Võrgumaterjal]. Available: <http://entsyklopeedia.ee/artikkel/lina1>. [Kasutatud 20 oktoober 2022].
- [37] „Lina,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://lina.ee/lina-agrotehnika/lina-bioloogia/>. [Kasutatud 20 oktoober 2022].
- [38] H. Kuningas, „Kultuurimälestiste register,“ 2012. [Võrgumaterjal]. Available: <https://register.muinas.ee/file/architecture/1274.pdf>. [Kasutatud 21 mai 2023].
- [39] „Looduskiud,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://looduskiud.lumekiri.ee/loomsed-kiud/siid/>. [Kasutatud 20 oktoober 2022].
- [40] „Wayback Machine,“ 9 november 2013. [Võrgumaterjal]. Available: https://web.archive.org/web/20131109173104/http://www.brasstacksmadras.com/TF_Mulberry.htm. [Kasutatud 26 oktoober 2022].
- [41] T. Annuk, „Põllumajandus,“ Scandagra Eesti AS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.pollumajandus.ee/uudised/2018/12/18/mida-peab-teadma-toostuskanepi-kasvatusest>. [Kasutatud 24 mai 2023].
- [42] Y. Hymann, „Goodonyou,“ 13 aprill 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://goodonyou.eco/material-guide-hemp/>. [Kasutatud 24 mai 2023].
- [43] G. C. Eric Lichtfouse, Sustainable Agriculture Reviews 42, Hemp Production and Applications, Springer, 2020.
- [44] I. Boncamper, Tekstiilkiud, Tallinn: Eesti Rõiva- ja Tekstiililiit, 2000.
- [45] „Thinkofthepandas,“ 14 mai 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://thinkofthepandas.com/2021/10/26/is-linen-biodegradable-and-can-it-be-composted/>. [Kasutatud 23 september 2022].
- [46] Christina, „Tradavo vastavus,“ Tradavo vastavus, 12 juuli 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://compliance.tradavo.eu/en/eu-textile-labeling-regulation/>. [Kasutatud 22 aprill 2023].
- [47] P. Newswire, „CA-Hi-Tech-Printing,“ *PR Newswire USA*, nr <https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=26fd9ff4-2f30-458d-8abc-6397ab6448cd%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZSZyZ29wZT1zaXRI#AN=201308121953PR.NEWS.USPR.LA63049&db=bwh>, 2013.
- [48] A. Tervonen, „Media Voog,“ Haapsalu Kutsehariduskeskus, 12 november 2008. [Võrgumaterjal]. Available: https://media.voog.com/0000/0048/7241/files/Tekstiilitorained%20-%20omadused%2C%20hooldamine_compressed.pdf. [Kasutatud 19 mai 2023].
- [49] „Jungleaf,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://jungleaf.ee/linase-kanga-hooldus/>. [Kasutatud 19 mai 2023].
- [50] „Lauritzon,“ Lauritzon, [Võrgumaterjal]. Available: <https://lauritzon.tecci.fi/product-pdf/?id=238397&lang=en>. [Kasutatud 24 mai 2023].
- [51] B. Flax, „Baltic Flax,“ Baltic Flax, [Võrgumaterjal]. Available: <https://baltic-flax.com/pages/oeko-tex%C2%AE-certificate>. [Kasutatud 22 aprill 2023].
- [52] B. Flax, „Baltic Flax,“ Baltic Flax, [Võrgumaterjal]. Available: <https://baltic-flax.com/pages/european-flax-certificate>. [Kasutatud 22 aprill 2023].
- [53] E. Comission, „European Comission,“ European Comission, [Võrgumaterjal]. Available: <https://ec.europa.eu/ecat/category/en/14/textile-products/>. [Kasutatud 22 aprill 2023].
- [54] Fairtrade, „Fairtrade,“ Fairtrade, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.fairtrade.net/>. [Kasutatud 22 aprill 2023].

- [55] Wikipedia, „Wikipedia,” 2007. [Võrgumaterjal]. Available: [https://et.wikipedia.org/wiki/Kvaliteet_\(majandus\)#Kvaliteedikriteeriumid](https://et.wikipedia.org/wiki/Kvaliteet_(majandus)#Kvaliteedikriteeriumid). [Kasutatud 19 mai 2023].
- [56] E. Union, „European Union,” 13 detsember 2021. [Võrgumaterjal]. Available: circulareconomy.europa.eu/platform/en/ecodesign-criteria-consumer-textiles. [Kasutatud 19 mai 2023].
- [57] „EuroLab,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.gozetim.com/et/tekstil/fiziksel-testler/kopma-mukavemeti-strip/>. [Kasutatud 21 05 2023].
- [58] „Textiles – Tensile properties of fabrics – Part 1: Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method (ISO 13934-1:2013),” Eesti Standard, 2013.
- [59] A. Hein, „Tekstiilkiud ja nende omadused,” Tallinna Ülikool, 2010. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.tlu.ee/opmat/ku/MLT6040/hrdekindlus.html>. [Kasutatud 21 mai 2023].
- [60] *Rõivamaterjalide omadused ja vead: Soovituslikud miinimumnõuded ja katsemeetodid*, Tallinn: Eesti rõiva- ja tekstiililiit, 2001.
- [61] FutureLearn, „FutureLearn,” 13 oktoober 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.futurelearn.com/info/blog/guide-to-sustainable-fabrics>. [Kasutatud 21 mai 2023].
- [62] „Lenoklinen,” 5 detsember 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://lenoklinen.com/blog/linen-fibers-microscoping>. [Kasutatud 27 mai 2023].
- [63] L. Kivilo ja E. Pedriks, *Õmblusmaterjalid*, 1988.
- [64] A. Tervonen, „Meedia Voog,” 12 november 2008. [Võrgumaterjal]. Available: https://media.voog.com/0000/0048/7241/files/Tekstiilitoorained%20-%20omadused%2C%20hooldamine_compressed.pdf. [Kasutatud 2 oktoober 2022].
- [65] „Qualitex,” Qualitex, [Võrgumaterjal]. Available: <https://qualitex.ee/et/materjalid/>. [Kasutatud 2 oktoober 2022].
- [66] „Kangadzungel,” Kangadzungel, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.kangadzungel.ee/kangaste-hooldusjuhend>. [Kasutatud 2 oktoober 2022].
- [67] „Nhyttextile,” 22 juuni 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <http://m.ee.nhyttextile.com/news/what-fabric-is-the-most-comfortable-to-wear-in-47080802.html>. [Kasutatud 24 mai 2023].
- [68] M. Z. Patwary, „Textilefashionstudy,” 19 juuli 2012. [Võrgumaterjal]. Available: <https://textilefashionstudy.com/physical-and-chemical-properties-of-hemp-fiber/>. [Kasutatud 24 mai 2023].
- [69] „Batikindonesia,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://batikindonesia.com/does-hemp-fabric-wrinkle/>. [Kasutatud 24 mai 2023].
- [70] L. S. Sterling, *The Art of Agent-Oriented Modeling*, London: The MIT Press, 2009.
- [71] V. S. M. Y. BM Khadi, *Biotechnology in Agriculture and Forestry: Cotton*, Springer, 2009.
- [72] „Eesti Standardimis- ja akrediteerimiskeskus,” Eesti Standardimis- ja akrediteerimiskeskus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evs.ee/et/standardite-tahistus>. [Kasutatud 19 mai 2023].
- [73] „herCircle,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.hercircle.in/engage/fashion/trends/how-long-will-the-clothes-you-threw-out-take-to-decompose-695.html>. [Kasutatud 30 aprill 2023].

[74] D. D. L. F. T. G. Y. L. G. Adrien Beton, „Environmental Improvement Potential of textiles (IMPRO Textiles),“ European Commission, Hispaania, 2014.

SUMMARY

The textile industry is one of the largest carbon footprint industries, using a significant amount of non-renewable resources, chemicals, and water in its production. A large quantity of textile waste is either deposited in landfills or incinerated instead of being recycled and reused. The main and biggest challenge of the textile industry is reducing environmental pollution by recycling and adopting a circular economy approach. Currently, the textile industry is largely based on a linear economy, although addressing the challenges requires increasingly adopting a circular economy system in the textile industry.

Circular economy is a production and consumption model aimed at sustainable use of natural resources, keeping products in circulation for as long as possible to extend their lifespan and reduce waste generation. Collaboration between companies and international agreements, referred to as industrial symbiosis, is important in the circular economy model to create a closed production cycle where companies utilize each other's waste, waste heat, and other by-products.

A product produced based on circular economy principles is a redesigned product, considering the entire product lifecycle during the design stage to reduce its harmful impact on the environment.

The aim of this work was to design and create a product based on circular design principles that is durable, comfortable to wear, economically beneficial to manufacture, and environmentally friendly, causing minimal environmental pollution throughout the product's lifecycle from production to disposal. A reversible dress was designed as the product, which was to consist of a single fiber and not include additions such as zippers and buttons. Based on the comparison of natural fibers, 100% linen material was chosen as the dress fabric primarily due to its good properties, strength, and biodegradability in nature, as well as being a traditional material in Estonia that can be easily grown and produced in the country. Domestic fabric production would bring economic benefits to Estonia and greatly reduce transportation costs. Monitoring the dress's entire lifecycle in Estonia would be easier.

The fabric was obtained from an Estonian handicraft store because linen fabrics are inherently very similar, and ordering fabric from abroad for a single product would be too expensive for the author. The fabric was tested in the textile laboratory of Tallinn University of Technology, and as a result of the tests, it was concluded that the

specific chosen fabric had low quality. In most tests, the fabric met the minimum requirements except for abrasion resistance, which fell far below the minimum requirement, suggesting a thicker material should be preferred. The pilling test could have yielded better results, as it received a rating of 3 on a five-point scale after 2000 cycles. High-quality fabrics should score 4 to 5 points. The change in dimensions due to washing was natural. Presumably, the fabric would not shrink as much after subsequent washes. As a conclusion of this test, it would be advisable to wash the fabric before sewing the product from it. When determining tear strength and tensile strength, the test specimen did not suddenly break but initially stretched and the warp and weft threads came out of each other before breaking. From the tests, it can be concluded that the material is partially suitable for dress fabric, and a thicker fabric should be preferred.

The dress patterns were initially made manually and later scanned into a computer for further digital adjustments. The dress was sewn using the selected material to ensure its fit and comfort. The fit of the product was improved during sewing, and the adjustments were also made to the digital patterns. At the author's request, only a universal sewing machine and an additional attachment for seam sewing were used in the dressmaking process. The author aimed for clean seams to avoid fraying and prolong the product's lifespan, thereby improving its quality. Initially chosen threads were of low quality, so the author decided to use cotton thread instead of linen thread for sewing. The low quality of the fabric and thread significantly affected the product's quality percentage.

The originally chosen threads were of low quality, so the author decided to use cotton thread instead of linen thread for sewing. The low quality of the fabric and thread significantly affected the product's quality percentage.

The dress can be worn in two ways, with the back as the front or the front as the back. The dress is designed to fit at least three size numbers: 36, 38, and 40.

To give the dress design value and an original appearance, hand-crocheted lace made of 100% linen material was used. It would be more cost-effective to use machine-knitted lace when producing the dress in larger quantities, but handmade craftsmanship can add additional value to the product. The lace pattern can be customized according to the customer's preferences.

The appearance of the dress promotes the principles of the circular economy, and it is easy to recycle as the fabric consists of a single fiber. The dress aligns with the principles of the circular economy. Using higher-quality fabric with eco-label(s) would

significantly improve the dress's quality and reduce its environmental impact. To further reduce environmental harm, choosing fabric made from recycled linen fiber for dressmaking would be a suitable option.

The initially set goal of designing a dress based on circular design principles was achieved, and the problems identified during the experimental phase will help avoid certain mistakes in the future design of circular products.

LISA 1 Looduslike kiudude omadused

Tabel L1.1 Looduslike kiudude omadused [63], [44], [29]

	Puuvill	Lina	Kanep	Siid
Elementaarkiu läbimõõt (μm)	12-22	10-25	10-51	12-25
Elementaarkiu pikkus	12-64 mm (olenevalt sordist. Keskmiselt 25 mm)	25-30 mm	5-55 mm	300-1000m (pideva niidi pikkus olenevalt liigist) Lõnga ketramiseks kasutatakse 12-250mm pikkust kiudu
Tõmbetugevus (M/Pa)	287-597	345-1500	550-900	300-600
Katkevenivus (%)	7-8	0,5-4,0	2-4	20-30
Tihedus (g/cm ³)	1,55	1,43-1,52	1,48	1,3
Kiu ühtlus	Hea	Keskmine	Madal	Kõrge

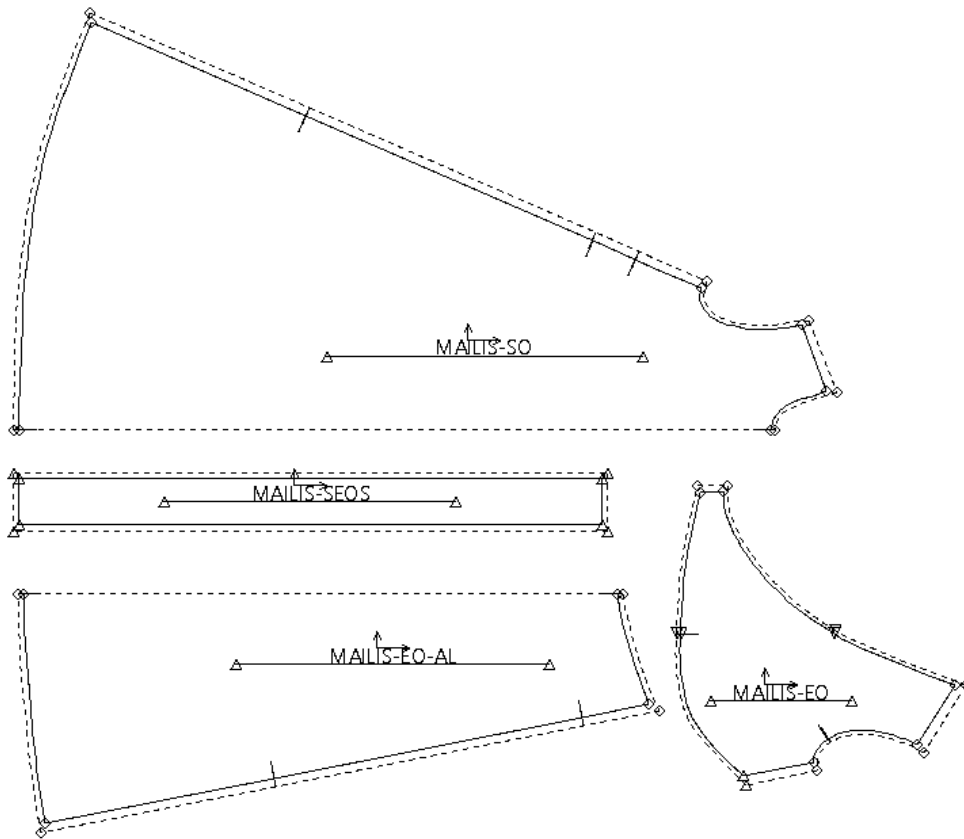
LISA 2 Looduslike kiudude omadused

Tabel L2.1 Looduslike kiudude omadused 2 [63], [44], [64], [65], [66], [29], [67], [68], [69]

	Puuvill	Lina	Kanep	Siid
Hügroskoopsus	Niiskub ja kuivab kiiresti, kuid aeglasemalt, kui lina.	Niiskub ja kuivab kiiresti.	Niiskust hülgav.	Niiskub ja kuivab väga kiiresti.
Vee mõju	Tõmbetugevus suureneb 10-20%.	Tõmbetugevus suureneb, kuid vähem, kui puuvillal.	Talub hästi.	Tugevus väheneb.
Soojusjuhtivus	Hea. (jahe materjal)	Hea. (jahe materjal)	Hea. (jahe materjal)	Halb. (soe materjal)
Õhu läbilaskvus	Hea.	Hea.	Hea.	Hea isegi tiheda siidi puhul.
Kuumakindlus	Triikimistemperatuur 200-220 °C, pikemaajaliselt kuni 120 Celsiuse kraadi.	Triikimistemperatuur kuni 250 Celsiuse kraadi, pikaajaliselt 220 °C.	Triikimistemperatuur kuni 200 °C.	Pideval kuumendamisel kuni 100 °C, 160 °C juures pruunistub.
Valguse mõju	Kiu tugevus ja venivus vähenevad, suureneb jäikus ja murdumine.	Vähene mõju.	Vähene mõju.	Vähe vastupidav.

Hapete mõju	Mõjutab lagundavalt.	Lahjendatud happeid talub.	Halb vastupidavus.	Kontsentreeritud happed lagundavad. Nõrgad happed soodustavad värvumist ja parandavad läiget.
Leeliste mõju	15-25% leeliste puhul suureneb hügroskoopsus ja värvaine vastuvõtt, seebikivilahusega töödeldes omandab läike ja tugevus suureneb.	Tundlikum, kui puuvill. Kahjustub leeliste mõjul.	Suurepärase vastupidavus.	Kontsentreeritud leelistes lahustub, nõrgad lahused kahjustavad läiget, siid muutub jäigemaks, murduvamaks.
Värvus ja läige	Valge, kreemjas. Läike puudub.	Helekollane, helehall, pruun. Puhtad elementaarkiud on valged. Keskmine läige.	Kollakashall või sügavpruun.	Mooruspuu siid on valge. Tamme siid on kollakaspruun või pruun. Suure läikega.
Kortsumine	Osaliselt kortsuv.	Suur kortsuvus.	Vähene kortsuvus.	Vähene kortsuvus.
Bioloogiline vastupidavus	Ei ole vastupidav seentele ja hallitustele.	Hea vastupidavus mikroobide toimele, kuid teatud niiskuse ja temperatuuri korral kahjustavad linast seened ja hallitus	Hea vastupidavus, kui ei saa liigselt pidevat niiskust.	Talub mikroorganisme hästi, soojuse ja niiskuse mõjul võib hallitus tekkida.

Mustuse eemaldamine ja pesemine	Lihtne.	Üsna lihtne eemaldada plekke ja pesta. Saab kasutada ka kõrgeid temperatuure (kuni 95 Celsiuse kraadi)	Lihtne.	Ei tohi tsentrifuugida ega trummelkuivatada, kuid tuleks võimalikult tihti pesta, kuna higi kahjustab siidi.
Värvitavus	Kergvärvitav kiud	Kerge.	Halb.	Hõlpsasti värvitav



Joonis L3.1 Tootte lekaalid.

LISA 4 Toote lekaalide paigutus



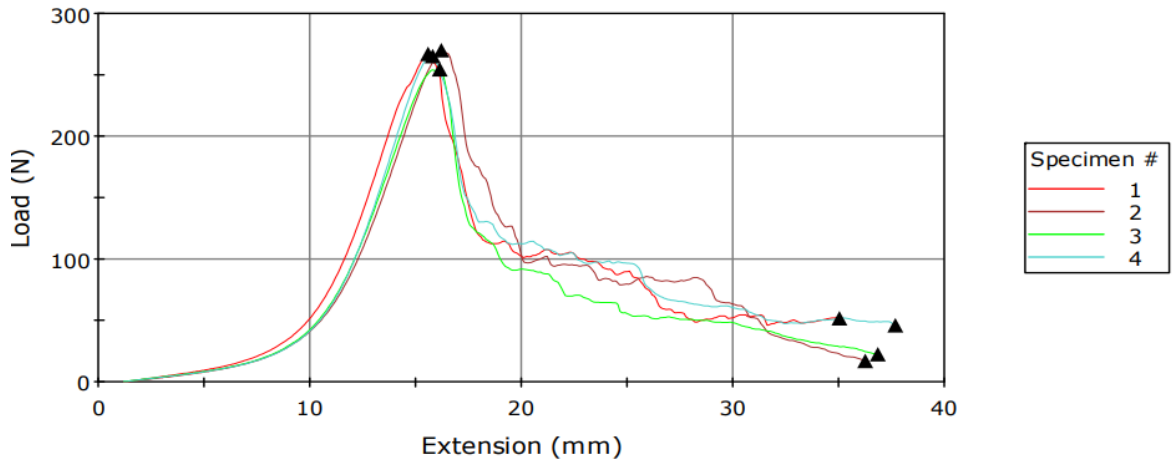
Marker name: 144 CM
Utilization: 64,94%

Length: 2m 49,26cm
Model/Size/Qty: MAILIS 1/1

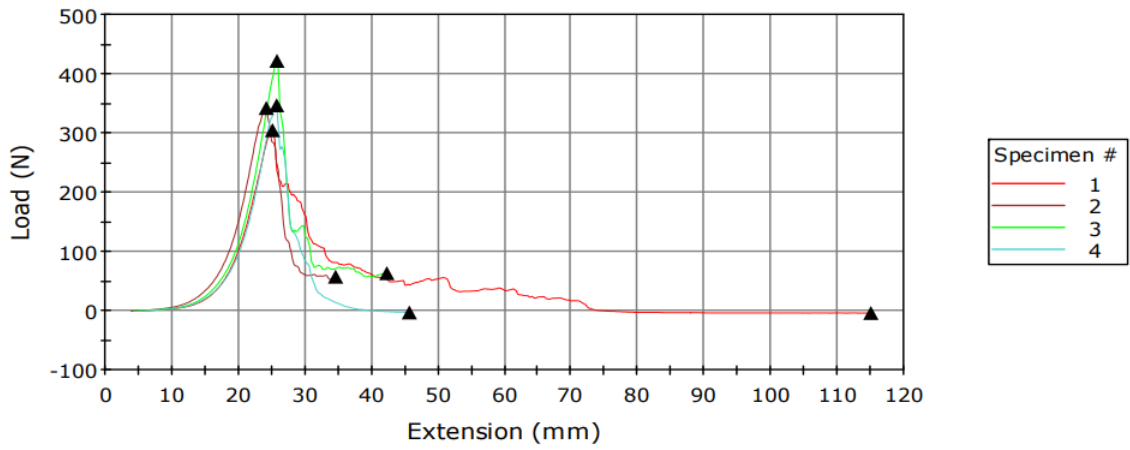
Width: 144,00cm
Unplaced/Placed: 0/6

Joonis L4.1 Toote lekaalide paigutus.

LISA 5 Tõmbetugevuse graafikud



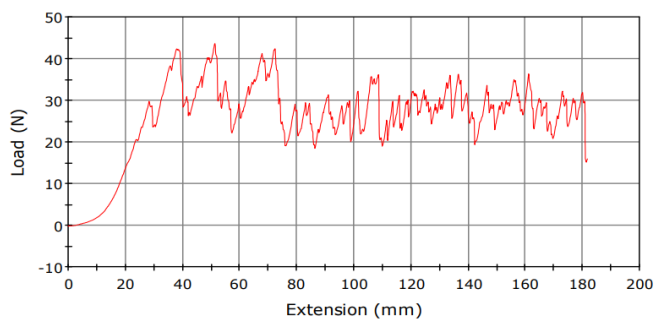
Joonis L5.1 Tõmbetugevuse graafik koosuunas.



Joonis L5.2 Tõmbetugevuse graafik lõimesuunas.

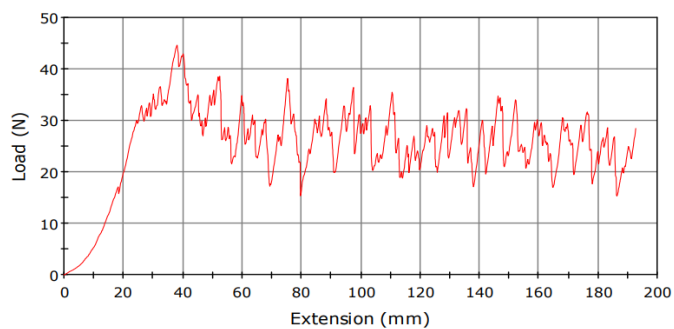
LISA 6 Rebimistugevuse graafikud koesuunas

Kude 1



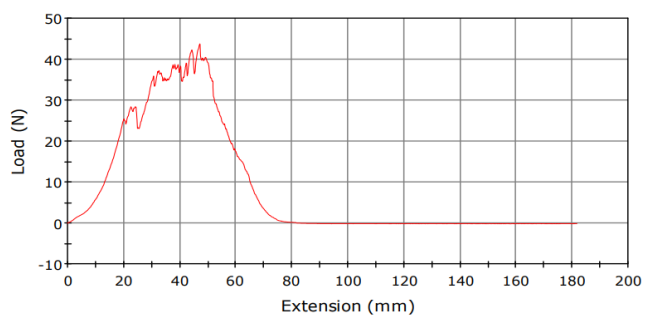
Joonis L6.1 Rebimistugevuse graafik koesuunas, esimene katsekeha

Kude 2



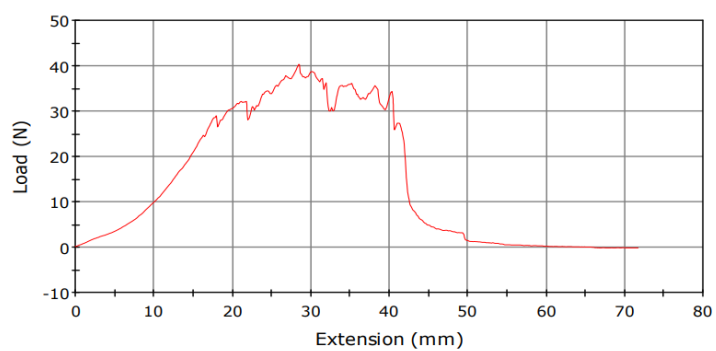
Joonis L6.2 Rebimistugevuse graafik koesuunas, teine katsekeha

Kude 3



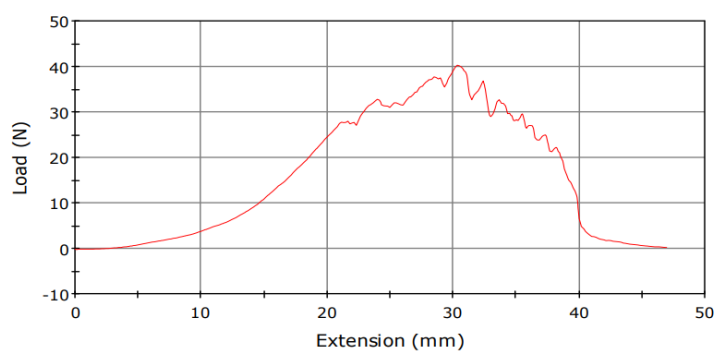
Joonis L6.3 Rebimistugevuse graafik koesuunas, kolmas katsekeha

Kude 4



Joonis L6.4 Rebimistugevuse graafik koesuunas, neljas katsekeha

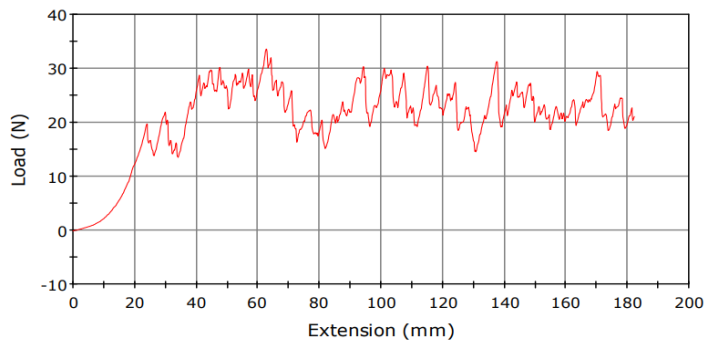
Kude 5



Joonis L6.5 Rebimistugevuse graafik koesuunas, viies katsekeha

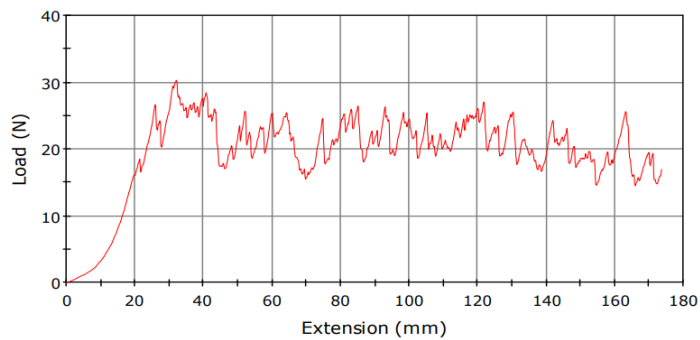
LISA 7 Rebimistugevuse graafikud lõimesuunas

Lõim 1



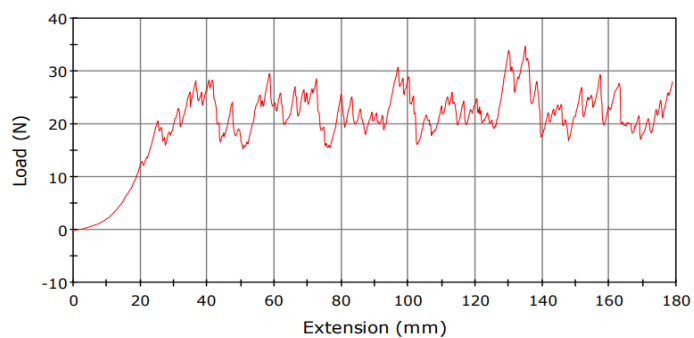
Joonis L7.1 Rebimistugevuse graafik lõimesuunas, esimene katsekeha

Lõim 2



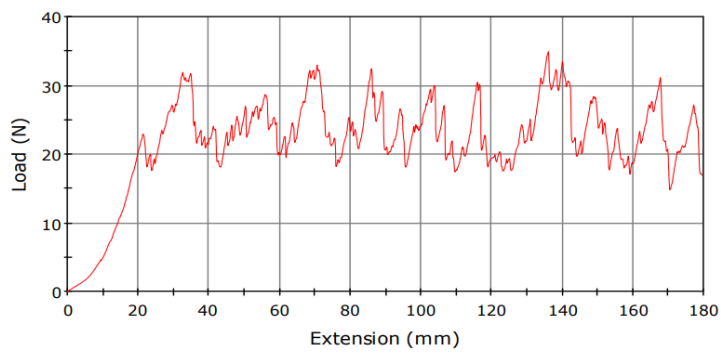
Joonis L7.2 Rebimistugevuse graafik lõimesuunas, teine katsekeha

Lõim 3



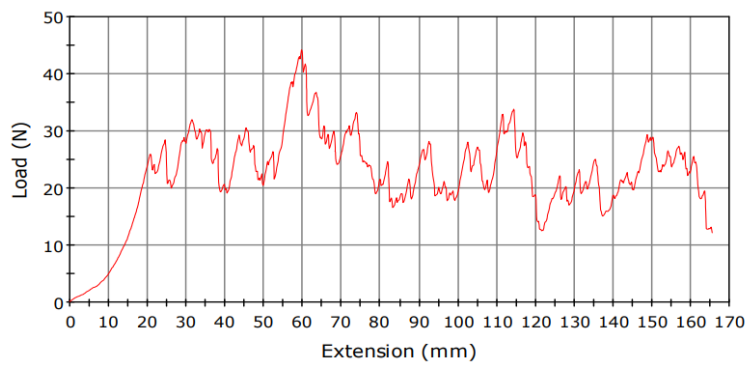
Joonis L7.3 Rebimistugevuse graafik lõimesuunas, kolmas katsekeha

Lõim 4



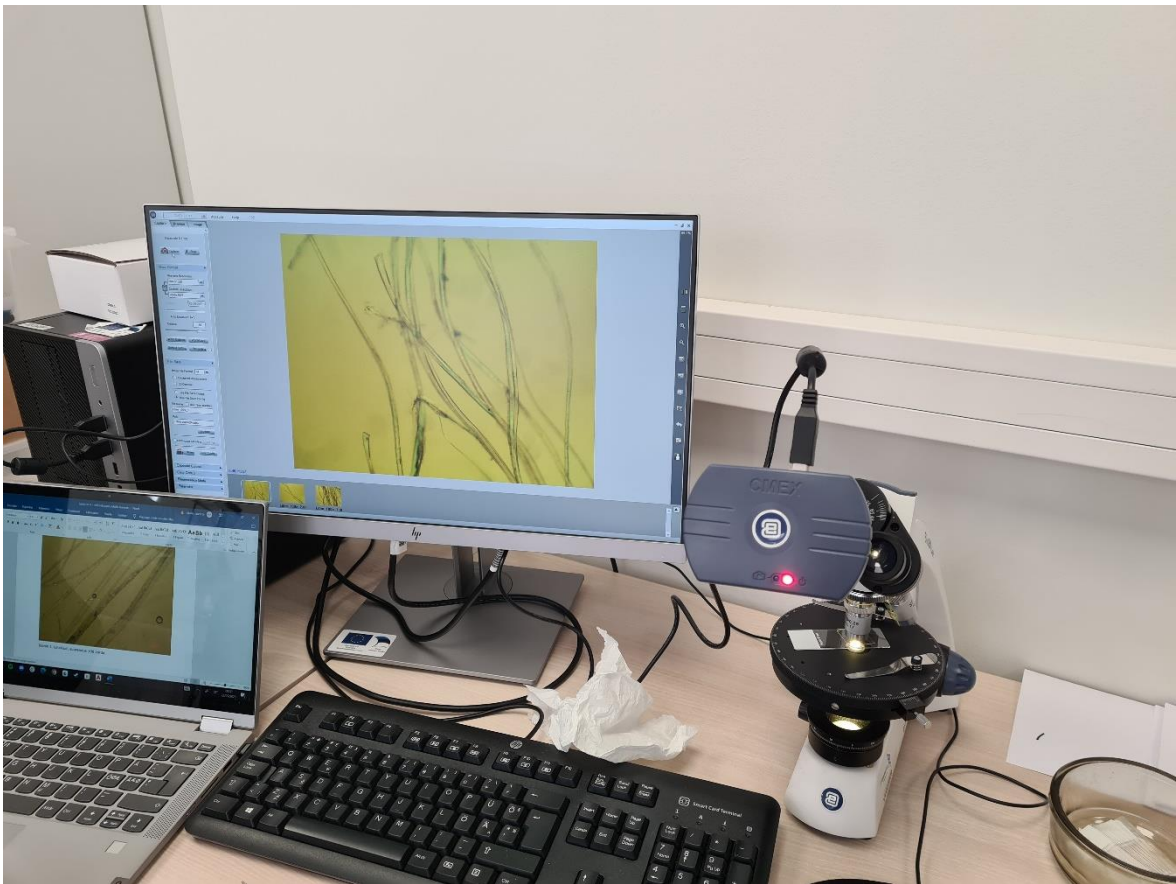
Joonis L7.4 Rebimistugevuse graafik lõimesuunas, neljas katsekeha

Lõim 5



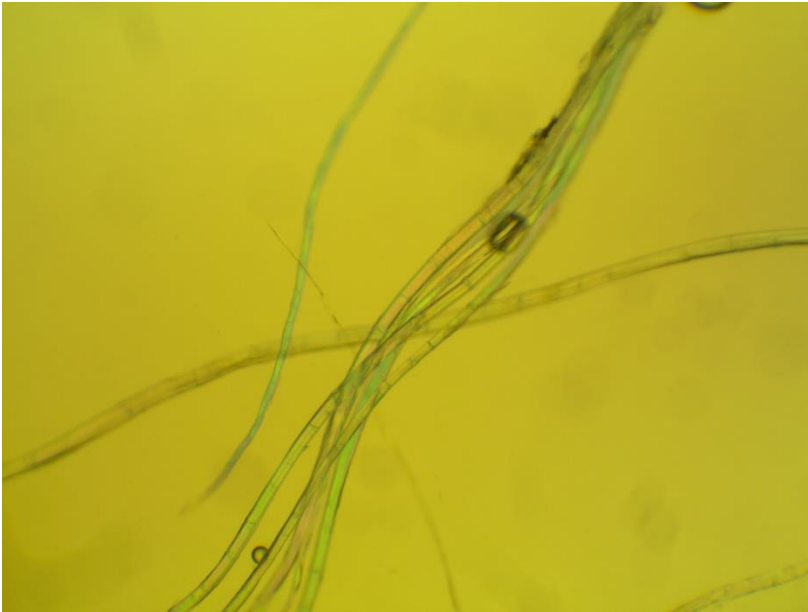
Joonis L7.5 Rebimistugevuse graafik lõimesuunas, viies katsekeha

LISA 8 Valgusmikroskoop BioBlue

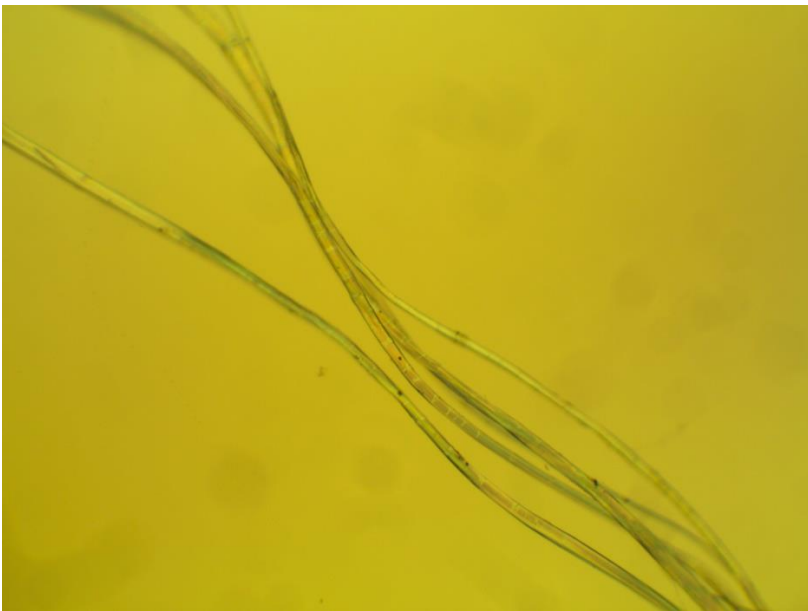


Joonis L8.1 Valgusmikroskoop BioBlue.

LISA 9 Linakiud mikroskoobi all, suurendus 100 korda



Joonis L9.1 Koesuund, linakiud, 100 korda suurendus



Joonis L9.2 Lõimesuund, linakiud, 100 korda suurendus

LISA 10 Toote tootmise tehnoloogiline järjestus

Tabel L10.1 Toote tootmise tehnoloogiline järjestus

Nr	Operatsiooni nimetus	Tehnilised tingimused	Märkused
1	Juurdelõikus	Käsitsi, käärid	Jälgida kanga lõime suunda Vastasmärkide sisselõikamine
2	Hõlmikute alumiste servade töötlemine ühekordse palistusega	Õv 0,5 cm Piste tüüp 301 Pv 1,5 cm, materjali paremale poole	
4	Hõlmikute õmblemine seljaosa detailile, õlaõmblused	Õlaõmbluse õv 1,5 cm, kahekordne õmblus Piste 301	
7	Hõlmikute õmblemine seljaosa detailile, küljeõmblused, lihtühendus	Piste tüüp 301	Jälgida, et kahekordse õmblusega kataks hõlmik seljaosa detaili
8	Seljaosa ja esiosa ühendamine, küljeõmblused	Õv 1,5 cm, kahekordne õmblus Piste tüüp 301	
9	Etiketi lisamine	Piste tüüp 301 10 cm kõrgusel alläärest, parempoolsesse küleõmblusesse	
10	Esiosa kaelakaare ja hõlmikute ülemise serva õmblusvaru õmblemine kanga paremale poole	Õv 0,5 cm Piste tüüp 301	
11	Allääre õmblusvaru õmblemine kanga paremale poole	Õv 0,5 cm Piste tüüp 301	
10	Seoste lahtise poole õmblus	Õv mõlemast servast 0,5 cm. Valmis seose laius 3 cm. Piste tüüp 301 Lisaseade sangade õmblemiseks, 0,2 cm kapingu presstald	Jälgida, et õmblus ei kisuks kiiva
11	Seoste murdejoone kapingu õmblus	Kaping 0,2 cm kapingu presstald 0,2 cm.	

12	Seoste õmblemine kahekordse õmblusega hõlmikutele	Õv 1,5 cm Piste tüüp 301	
13	Paremale poole õmmeldud ühekordsete õmbluste katmine pitsiga	Piste tüüp 301	Kaks paralleelset õmblusrida pitsi pealt

LISA 11 Tõmbetugevuse katsetulemused

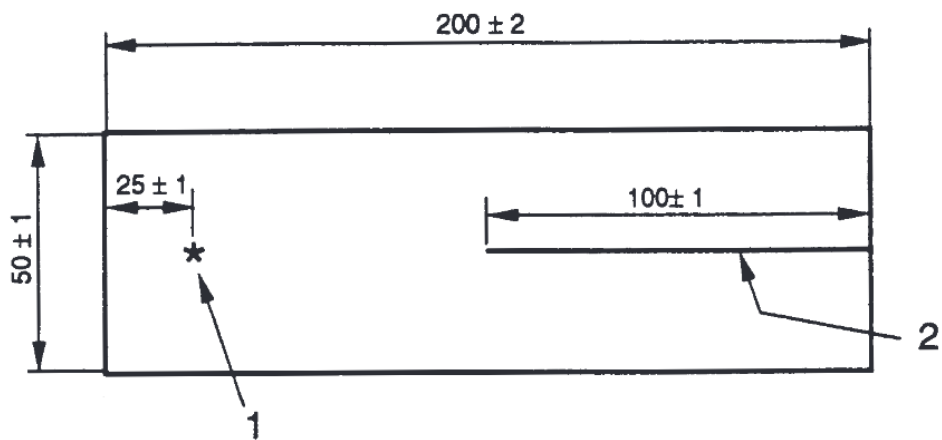
Tabel L11.1 Tõmbetugevuse katsetamise koesuunaliste katsekehade tulemused

Katsekeha nr	Maksimaalne jõud (N)	Pikenemine maksimaalse jõu juures (mm)
1	267,19	15,56493
2	270,21	16,19513
3	254,82	16,12172
4	265,39	15,78836
Keskmine	264	15,91754

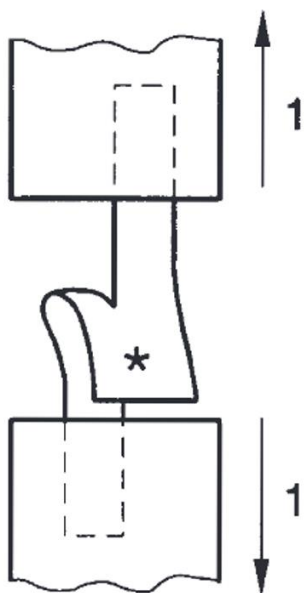
Tabel L11.2 Tõmbetugevuse katsetamise lõimesuunaliste katsekehade tulemused

Katsekeha nr	Maksimaalne jõud (N)	Pikenemine maksimaalse jõu juures (mm)
1	305,32	25,14907
2	342,43	24,19967
3	421,88	25,80336
4	347,05	25,74987
Keskmine	354	25,22549

LISA 12 Rebimiskatse katsekeha väljalõikamine ja masinale kinnitamine



Joonis L12.1 Rebimiskatsekatsekeha väljalõikamine ja märgistamine



Joonis L12.2 Rebimiskatse katsekeha masina lõugade vahele kinnitamine

LISA 13 Rebimiskatse katsetulemused

Tabel 13.1 Rebimistugevuse katsetamise koesuunaliste katsekehade tulemused (N, njuuton)

Katsekehad							Keskmine	Standardhälve	
Kude 1							31.95833	6.503349953	
Max	41	42	36	37	35	36			
Min	24	28	26	25	29	25			
Kude 2							28.5	5.916079783	
Max	37	36	36	25	34	32			
Min	24	23	24	25	24	22			
Kude 3	ebaõnnestus								
Kude 4	ebaõnnestus								
Kude 5	ebaõnnestus								
Kõikide keskmine							30 N		

Tabel 13.2 Rebimistugevuse katsetamise lõimesuunaliste katsekehade tulemused (N, njuuton)

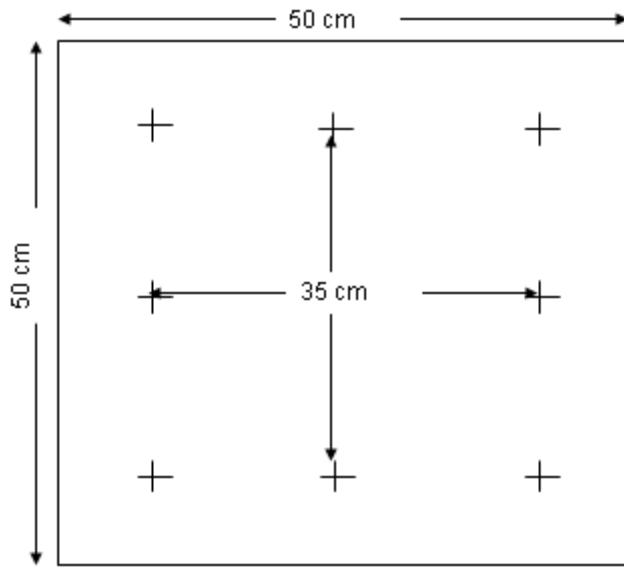
Katsekeha							Keskmine	Standardhälve
Lõim 1							26	5.640760748
Max	30	30	29	31	26	38		
Min	20	21	23	23	21	20		
Lõim 2							22.33333	3.550501458
Max	26	26	26	25	24	26		
Min	17	20	21	20	20	17		
Lõim 3							25.41667	5.791189756
Max	28	30	34	35	29	27		
Min	19	21	22	20	20	20		
Lõim 4							26	6.550503104
Max	34	33	31	35	28	31		
Min	19	21	19	20	22	19		
Lõim 5							26.58333	9.090037837
Max	43	41	32	33	29	27		
Min	17	18	20	19	21	19		
Kõikide keskmine							25 N	

LISA 14 Hõõrdekindluse katsetamise tulemused

Tabel L14.1 Hõõrdekindluse katsetamise tulemused

Kontrollimise nr	Tsüklite arv	Hinnang
1	1000	Korras
2	2000	Korras
3	3000	Korras
4	4000	Korras
5	5000	Katki

LISA 15 Mõõtmete muutus pesemise toimet katsekeha



Joonis L15.1 Mõõtmete muutus pesemise toimet katsekeha joonis

LISA 16 Pillingukatse katsetulemused

Tabel L16.1 Pillingu ja fuzzingu hinnang pärast 125 tsükli.

Katsekeha nr	Pilling	Fuzzing
1	5	5
2	4	5
3	5	5
Keskmine	5	5

Tabel L16.2 Pillingu ja fuzzingu hinnang pärast 500 tsükli.

Katsekeha nr	Pilling	Fuzzing
1	4	4
2	4	4
3	3	3
Keskmine	4	4

Tabel L16.3 Pillingu ja fuzzingu hinnang pärast 1000 tsükli.

Katsekeha nr	Pilling	Fuzzing
1	3	4
2	4	3
3	3	3
Keskmine	3	3

Tabel L16.4 Pillingu ja fuzzingu hinnang pärast 2000 tsükli.

Katsekeha nr	Pilling	Fuzzing
1	2	3
2	3	2
3	3	2
Keskmine	3	2

LISA 17 Mõõtmete muutus pesemise toimel katsetulemused

Tabel L17.1 Katsetulemused mõõtmete muutus pesemise toimel

Mõõdetava külje nr (sälkude arv)	Esialgne mõõt (cm)	Mõõt pärast pesu (cm)	Kokkutõmbumine (%)
1	50,2	49,4	1,59
2	50,1	49,1	1,99
3	50,1	49	2,19
4	50,1	49,4	1,39
		Keskmine kokkutõmbumine	1,79%