



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

ALPAKAVILLASTE LÕNGADE JA TÖÖPROOVIDE
OMADUSTE MÄÄRAMINE NING VÕRDLUS
LAMBAVILLAGA WILE ALPACA FARMI NÄITEL

COMPARISON AND DETERMINATION OF PROPERTIES OF YARNS AND SINGLE
KNITTED SPECIMEN MADE OF ALPACA AND WOOL IN THE CASE OF WILE
ALPACA FARM

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Maarja Soolo

Üliõpilaskood: 178136KVEM

Juhendaja: Tiia Plamus, vanemlektor

Tallinn 2019

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.

“31.” mai 2019.a

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“31.” mai 2019.a

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“ ”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Maarja Soolo, 178136
Õppekava, peeriala: KVEM 12/15, Puidu-, plasti- ja tekstiilitehnoloogia
Juhendaja(d): lektor, Tiia Plamus, +372 56211653
Konsultandid: Evelin Jenk, osanik/juhatuses liige
Tonovan OÜ, Wile Farm MTÜ, +372 5112772, evelin.jenk@wile.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Alpakavillaste lõngade ja tööproovide omaduste määramine ning võrdlus lambavillaga Wile Alpaca Farmi näitel
(inglise keeles) Comparison and determination of properties of yarns and single knitted specimen made of alpaca and wool in the case of Wile Alpaca Farm

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Alpakavilla omaduste uurimine ja võrdlemine lambavillaga
2. Alpakavilla omaduste uurimine segus lambavilla, siidi ja polüamiidiga

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Kirjandusliku ülevaate koostamine alpakavilla omadustest ja kasutamisest	15.01.19
2.	Alpakalõngade turuanalüüs Eesti e-kaubanduses ning lõngade valik	30.01.19
3.	Lõngade põhikarakteristikute määramine	15.02.19
4.	Tööproovide põhikarakteristikute määramine	25.02.19
5.	Tööproovide õhuläbilaskvusteguri määramine	14.03.19
6.	Tööproovide pillingukalduvuse hindamine	25.03.19
7.	Tööproovide pesemisjärgse mõõtmete muutuse hindamine	05.04.19
8.	Tööproovide hõõrdekindluse hindamine	25.04.19
9.	Tulemuste analüüs	15.05.19

Töö keel: Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "31." mai 2019.a

Üliõpilane: Maarja Soolo "31." mai 2019.a
/allkiri/

Juhendaja: Tiia Plamus "31." mai 2019.a
/allkiri/

Konsultant: Evelin Jenk "31." mai 2019.a
/allkiri/

SISUKORD

SISUKORD	5
Jooniste loetelu	7
Tabelite loetelu.....	9
EESSÕNA.....	10
Lühendite ja tähiste loetelu.....	11
SISSEJUHATUS	12
1. Villa- ja karvakiud.....	14
1.1 Keemiline koostis ja struktuur.....	14
1.2 Ehitus.....	16
1.2.1 Erinevused alpaka- ja lambavilla kiudude ehituses	17
1.3 Üldised omadused.....	20
2. Alpakavill.....	22
2.1 Omadused	23
2.2 Pügamine, sorteerimine, töötlemine	24
2.3 Kasutamine.....	27
2.4 Hooldamine	29
3. Alpakalõngad	31
3.1 Ülevaade alpakalõngade e-kaubandusest.....	32
3.2 Lõngakoostise analüüs	33
3.2.1 Kahekomponentsed lõngad	35
3.2.2 Kolmekomponentsed lõngad	36
3.2.3 Neljakomponentsed lõngad	37
4. Tekstiilmaterjalide omadused ja katsemeetodid	38
4.1 Lõnga põhikarakteristikute määramine	38
4.1.1 Lõnga peenus	39
4.1.2 Keerdumus	40
4.1.3 Katkekoormus ja -venivus	43
4.2 Tööproovide katsetamine	46
4.2.1 Silmustihedus.....	47
4.2.2 Pindtihedus.....	48
4.2.3 Õhuläbilaskvus.....	49
4.2.4 Mõõtmete pesemisjärgne muutumine	50
4.2.5 Pillingukalduvus.....	51

4.2.6 Hõõrdekindlus	52
5. Wile farmi tutvustus	56
5.1 Materjalid katsetamiseks	59
5.2 Katsemeetodid	64
6. katsetused	65
6.1 Lõngade katsetamine	65
6.1.1 Joontiheduse määramine	65
6.1.2 Keerdumuse määramine	66
6.1.3 Katkekoormuse ja katkevenivuse määramine	67
6.2 Tööproovide katsetamine	68
6.2.1 Silmustiheduse määramine	68
6.2.2 Pindtiheduse määramine	69
6.2.3 Õhuläbilaskvusteguri määramine	70
6.2.4 Mõõtmete pesemisjärgse muutuse määramine	71
6.2.5 Pillingukalduvuse hindamine.....	73
6.2.6 Hõõrdekindluse hindamine	77
6.3 Katsetulemuste koondtabel ja järeldused.....	79
Kokkuvõte.....	82
Abstract	83
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU.....	84
LISAD.....	87
Lisa 1 Lõngade turuanalüüsi tulemused.....	87
Lisa 2. Lõngade joontiheduse katsetabel ja arvutused	94
Lisa 3. Lõngade keerdumuse katsetulemused	95
Lisa 4. Lõngade katkevenivuse ja -koormuse katsetulemused	96
Lisa 5. Tööproovide silmustiheduse katsetulemused	97
Lisa 6. Tööproovide pindtiheduse katsetulemused	98
Lisa 7. Tööproovide õhuläbilaskvuse katsetulemused	99

JOONISTE LOETELU

Joonis 1. Polüpeptiididele ja proteiinidele omane α -heeliksi struktuur [2].	16
Joonis 2. Villakiu ehitus [5]	17
Joonis 3. SEM pildid alpakakiudude ehitusest [6].	19
Joonis 4. SEM pildid meriinolamba kiudude ehitusest [6].	19
Joonis 5. Kaamellaste liigitus [8].	22
Joonis 6. Suri alpaka (vasakul) ja Huacaya alpaka (paremal) [13]	23
Joonis 7. Alpakavilla 16 naturaalsel värvitooni [14].	24
Joonis 8. Alpakavilla sordid vastavalt kehaosale [16].	25
Joonis 9. Alpakavilla säugud (vasakul) ja vastavalt värvile sorteeritud alpakavill (paremal) [8] [13].	26
Joonis 10. Alpakavillased tooted [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26] [27].	28
Joonis 11. Alpakavillaste toodete hooldusmargistus ja toimingud [22] [28]	30
Joonis 12. Alpakalõngade jaotus komponentide arvu järgi	34
Joonis 13. Tekstiilkiudude sisaldus alpakalõngades	35
Joonis 14. Tekstiilkiudude määrad alpakalõngades	35
Joonis 15. 2-komponentsed alpakalõngad	36
Joonis 16. 3-komponentsete alpakalõngade jaotus	36
Joonis 17. 4-komponentsete lõngade jaotus	37
Joonis 18. Lõngadele antav keerd on kas S- või Z-suunaline.	40
Joonis 19. Kordistatud lõngad	40
Joonis 20. Liht- ja liitkorutatud lõngad	41
Joonis 21. Keeruloenduri skeem [45]	42
Joonis 22. Silmuspost (a) ja silmusrida (b) [52]	46
Joonis 23. Kuliirsilesiduse põikkoeline struktuur. Silmuspostid (a) ja silmusread (b). [50] [51]	47
Joonis 24. Pillingu standardpildid [38]	51
Joonis 25. 5-pealine <i>Martindale</i> katseseade [60]	54
Joonis 26. Wile farmi alpakad 14. jaanuar 2019 a, foto autor: <i>Wile Alpaca Farm</i> [63]	56
Joonis 27. Wile farmi kriad koos hiljuti pügatud täiskasvanud alpakadega 14. juuni 2018 a, foto autor: <i>Wile Alpaca Farm</i> [63]	57
Joonis 28. Wile farmi kollektsioon „Wile“ [65]	58
Joonis 29. Joontiheduse graafik	65
Joonis 30. Keerdumuse määramise katseseade: keeruloendur [autori foto]	66
Joonis 31. Keerdumuse graafik	66
Joonis 32. Tõmbemasin Instron 5866	67

Joonis 33. Katkevenivuse ja katkekoormuse graafik.....	68
Joonis 34. Silmustiheduse graafik	69
Joonis 35. Pindtiheduse graafik.....	70
Joonis 36. Õhu läbilaskvuse määramiseks kasutatav seade FX 3340 MinAir [autori foto]	70
Joonis 37. Õhuläbilaskvusteguri ja pindtiheduse graafik	71
Joonis 38. Martindale katseseade pillingukalduvuse hindamiseks [autori foto]	73
Joonis 39. Wile farm Boliivia lõngast tööproovide pillingukalduvuse hindamine valguskapis. [autori foto].....	74
Joonis 40. Martindale hõõrdeseade hõõrdekindluse määramiseks [autori foto].....	77
Joonis 41. Hõõrdekindluse katsetuse enne (vasakul) ja pärast (paremal) pildid ülevalt alla: Drops Alpaca Peruu; Wile farm Boliivia; Maavillane Meriino, Maavillane Lammas; Regia Premium, Drops Nord [autori foto].....	100

TABELITE LOETELU

Tabel 1. Alpaka- ja villakiudude morfoloogilised tunnused [3]	18
Tabel 2. Alpaka ja lamba saastasvillade sisaldused [4]	25
Tabel 3. Alpakavilla kiudude tüübid sõltuvalt läbimõõdust ASTM D2252-18 standardi kohaselt [17].	26
Tabel 4. Üldlevinud alpakavilla peenusklassid [4]	26
Tabel 5. Pillingu visuaalse hindamise kriteeriumid [38]	52
Tabel 6. Katsetamiseks valitud lõngad	60
Tabel 7. Katsetatavad tööproovid	62
Tabel 8. Katsetabel	64
Tabel 9. Tööproovide pesemisjärgne mõõtmete muutus	72
Tabel 10. Pillingukalduvuse hindamise tulemuste koondtabel	75
Tabel 11. Hõõrdekindluse katsetulemused	78
Tabel 12. Lõngade ja tööproovide katsetulemuste koondtabel	79
Tabel 13. 1-komponentsete alpakaalõngade koondtabel	87
Tabel 14. 5-6-komponentsete alpakaalõngade koondtabel	87
Tabel 15. 2-komponentsete alpakaalõngade koondtabel	88
Tabel 16. 3-komponentsete alpakaalõngade koondtabel	90
Tabel 17. 4-komponentsete alpakaalõngade koondtabel	93
Tabel 18. Joontiheduse katsetulemused ja arvutused	94
Tabel 19. Keerdumuse katsetulemused ja arvutused	95
Tabel 20. Lõngade katkevenivuse ja -koormuse katsetulemused ja arvutused	96
Tabel 21. Tööproovide silmustiheduse katsetulemused ja arvutused	97
Tabel 22. Tööproovide pindtiheduse katsetulemused ja arvutused	98
Tabel 23. Tööproovide õhuläbilaskvuse katsetulemused ja arvutused	99

EESSÖNA

Antud magistritöö on jätkuks autori bakalaureusetööle „Vähemtuntud loomsete tekstiilkiudude omadused ja kasutamine“ (ingl k „*Lesser-known animal fibres: properties and applications*“). Bakalaureusetöö eesmärgiks oli anda ülevaade luksuskiududele iseloomulikest omadustest, kasutusvaldkondadest ning tuvastamisest. Lisaks uuriti väärivillaloomade kasvatamise hetkeolukorda Eestis. Kuna tegemist pole põllumajandusloomadega, siis PRIA registris nende kohta statistika puudub ning andmeid kasvatajate kohta koguti antud töö raames peamiselt erinevate meediakanalite ja telesaadete kaudu, e-maili või telefoniteel.

Bakalaureusetöö koostamise käigus külastati Harjumaal, Hirvli külas asuvat Eesti suurimat angoora küülikute farmi *AngoraRabbitsTours* ja Järvemaal, Poaka külas asuvat *Wile Alpaca Farmi*, mis andis hea ülevaate angoora küülikute ja alpakade kasvatuses ja aretuses, nende villa töötlemisest ja väärindamisest ning ettevõtjate eesmärkidest. Farmidest saadi ka villanäidised ja lõngad.

Õpingute jätkumisel magistriõppes pakkus vanemlektor Tiia Plamus projektide ja magistritöö üldise teemana välja alpakavilla omaduste uurimise ja väärindamise. Juhendaja, töö autori ning *Wile Alpaca Farmi* omanike Evelin Jenki ja Imre Heinsaare koostöös selgitati välja ettevõtte huvid ning määrati magistritöö eesmärgid.

Vajalikud katsetused viidi läbi Tallinna Tehnikaülikooli Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia laboris, kasutades vastavaid standardeid. Töös katsetatavad lõngad tellis *Wile Alpaca Farm* erinevatest käsitöötarvikute müügiga tegelevatest Eesti veebipoodidest ning tööproovid valmistati masinkudumisel eritellimusena Eesti kudumisfirmas Top Kudum OÜ.

Töö autor soovib tänada juhendajat vanemlektor Tiia Plamust ja konsultanti Evelin Jenki *Wile Alpaca Farmist*.

Lühendite ja tähiste loetelu

WP – alpakavill

WA – angooravill

WY – jakivill

WK – kaamelivill

WS – kašmiir

WO – lambavill

WE – meriinovill

WM – mohäär

PAN – polüakrüülnitriilkiud

PA – polüamiid

PES – polüester

CO – puuvill

SE – siid

VI - viskoos

SISSEJUHATUS

Laialdase kasutusotstarbega looduslikel kiududel on olnud suur osatähtsus inimkonna ajaloos, kuid täna konkureerivad need kvaliteedilt, jätkusuutlikkusest ja hinnalt 21. sajandil suure arenguhüppe teinud sünteeskiududega.

Looduslikud kiud on täielikult biolagunevad ning nende tootmine mõistlikes kogustes ei kahjusta üldiselt ökosüsteemi. Üha suurenevad mahud survestavad tekstiilitööstusi otsima alternatiivseid keskkonnasõbralikke kiude, millest toota tervisele ohutuid ja mugavad rõivaid, mis kasutuskõlblikuks muutumisel oleks täielikult ümbertöödeldavad või biolagunevad.

Villa- ja karvakiududel on tekstiilsest perspektiivist väärtuslikke omadusi: nad on looduslikud, jätkusuutlikud ja biolagunevad. Igal aastal toodavad maailma ligikaudu 1 miljardit lammast umbes 2,1 miljonit tonni saastavilla. Lambavill leiab oma mitmekülgsete omaduste tõttu kasutust ja rakendust mitmesugustes toodetes. Selle loomupärased omadused ja praktilised väljundid pole võrreldavad ühegi sünteeskiuga. Keerulisest kiu ehitusest tulenevalt on lambavillased tooted hingavad, niiskustimavad ning seda vabastavad, sobides seega kandmiseks igasuguses kliimas ning olukorras. Lisaks on villakiud suure vee- ja lämmastikusisalduse tõttu rasküttivad. Lambavill vastab rahvusvahelistele nõuetele, vajamata selleks keemilist töötlust.

Lisaks laialdaselt levinud ja tuntud lambavillale, kasutatakse tekstiilisel eesmärgil ka kaamellaste (alpaka), kitse- (mohäär ja kašmiir), veiste- (jakivill) ja karusloomavillasid (angoora). Enamik neist elab ekstreemsete oludega mägistes piirkondades, kus isoleeriv ja kaitsev villak on ellujäämiseks hädavajalik. Seetõttu on nende villak enamjaolt kahekihiline. Eelpool nimetatud villasid nimetatakse limiteeritud koguste ja eriliste omaduste – pehmuse ja peenuse – tõttu luksuskiududeks. Madala villatoodangu tõttu ei oma luksuskiud erilist tähtsust kiukaubanduses, küll aga piirkondlikus tekstiilitootmises ja etnilisuse seisukohast. Luksuskiududest valmistatud tekstiiltooted on kallid ning eriti hinnatud moe- ja brändirõivastes, aga ka kodustekstiilidena.

Eestis on viimasel kümnendil hakatud tegelema alpakade kasvatamisega. Üks neist - *Wile Alpaca Farm* - lõi oma esimesed alpakad Tšiilist 2014.a. Seetõttu on muutunud aktuaalseks ka alpakavilla väärimine Eesti turul. Eesti tekstiili- ja rõivatööstuses on praegu olukord, kus toodetakse efektiivsemalt kui kunagi varem ning aasta-aastalt on suurenenud nišitoodete osakaal. Konkurentsivõime ja jätkusuutliku arengu tagavad endale ettevõtted, kes on suutelised tarbijatele pakkuma kõrge lisandväärtusega tooteid.

Käesoleva magistritöö eesmärkideks on määrata alpakavillaste lõngade ja silesiduses tööproovide põhikarakteristikud, nagu joontihedus, keerdumus ning suhteline katkevenivus ja -koormus. Lisaks määrata samadest lõngadest kuliirsilesiduses masinkootud tööproovide pind- ja silmustihedus ning hinnata nende õhuläbilaskvust, möötmete pesemisjärgset muutust, kalduvust pillingule ning

vastupidavust hõõrdumisele. Paralleelselt katsetatakse lamba- ja meriinovilla ning alpakavilla segulõngasid siidi, lambavilla ja meriinoga ja neist kootud tööproove. Lisaks ka alpaka- ja lambavilla ning erineva polüamiidi sisaldusega segulõngasid ja tööproove. Töö ülesandeks on uurida, kuidas alpakavilla kasutamine segus teiste kiududega võiks parandada toote vastupidavust kandmisele.

Magistritöö esimeses osas antakse ülevaade alpakavilla ehituse omapärast, omadustest ja töötlemisest. Samuti tuuakse näiteid erinevatest turul olevatest alpakavillastest toodetest ja nende hooldamisest. Sellele järgneb alpakaalõngade turuanalüüs ning peatükk, mis kirjeldab tekstiilmaterjalide mõningaid omadusi ja nende määramiseks või hindamiseks kasutatavaid katsestandardeid. Magistritöö teises osas tutvustatakse *Wile Alpaca Farmi* ja selle seotust antud tööga. Lisaks antakse ülevaade katsetavatest materjalidest, kirjeldatakse läbiviidud katsetusi ning avaldatakse katsetulemused. Töö viimases osas on katsetulemuste analüüs, järeldused ja kokkuvõte.

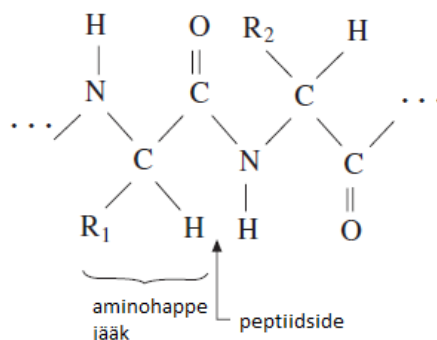
1. VILLA- JA KARVAKIUD

Villa- ja karvakiududeks nimetatakse loomseid tekstiilkiude, mida saadakse enamasti lammaste, kaamellaste (kaamel, laama, alpaka, guanako, vikunja), veiste (jakk, muskusveis), kitsede (kašmiirkits, angoora kits, kašgoorakits) või karusloomade (angoora küülik) pügamisel või kammimisel. Lisaks kuuluvad villa ja karvade alla ka suled- ja udusuled ning jõhv ja harjased. [1]

1.1 Keemiline koostis ja struktuur

Villakiudude ligikaudne elementkoostis sõltumata selle päritolust on järgmine: 50% süsinikku, 7% vesinikku, 22% hapnikku, 16% lämmastikku ja 5% väävlit. Suure väävlisisalduse tingib kõrge tsüsteiini (aminohape) sisaldus villa- ja karvakiududes.

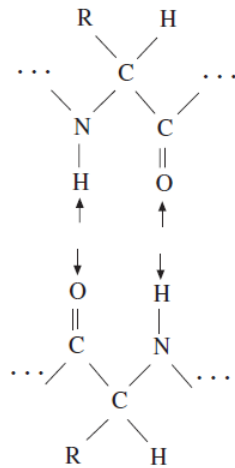
Villa- ja karvakiudude peamiseks koostisosaks on proteiinid ehk polüpeptiidid, mis moodustuvad biosünteesi käigus aminohapete (üldvalem: $\text{NH}_2\text{-CHR-COOH}$) polükondensatsioonil, kus aminohapete ühinemisel tekivad karboksüülrühmade ja aminorühmade vahele peptiidsidemed ($-\text{CO}\cdot\text{NH}-$). Moodustub valgu primaarstruktuur ehk aminohappeline järjestus, mille ühikut väljendatakse valemiga:



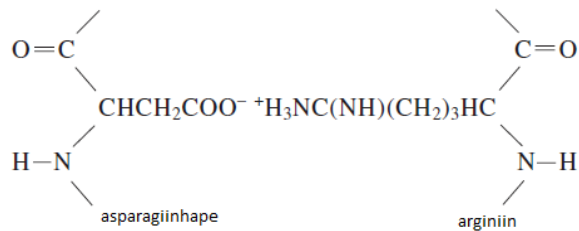
Villa keratiin on kõrgmolekulaarne ühend (heteromakroahelatega), mis sünteesitakse loomses organismis. Keratiini makromolekul moodustub teatud järjestuses liitunud erinevatest aminohapetest, millest on teada vähemalt 18 enam esinevat. Aminohapped erinevad üksteisest aminohapete jääkide ehk kõrvalrühmade (radikaalide) R_1 , R_2 jne poolest, mille järjestusest ja hulgast sõltub, millise loodusliku proteiiniga on tegemist. Looduslikel proteiinidel on loomades ja taimedes elutähtis roll. Peptiidsidemest ja kõrvalrühmadest sõltuvad valgu keemilised omadused, lisaks vastupidavus erinevate reagentide (alused, happed) toimele. Enim esinevatest aminohapetest keratiinis võib välja tuua tsüsteiin-, arginiin-, aspartaam-, lüsidiin- ja glutamiinhappe.

Keratiinis võivad moodustuda erinevat tüüpi sidemed:

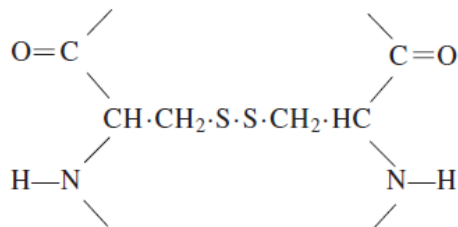
- 1) Vesiniksidemed moodustuvad amino ($-\text{NH}-$) ja karbonüülrühmade ($-\text{CO}-$) vahele peamiselt peptiidsideme läbi: ($-\text{NH}\cdots\text{O}=\text{C}-$), ühendades valgu makromolekulid ehk kõrvuti paiknevad peahelad. Vesiniksidemed võivad moodustuda ka kõrvalahelate hüdroksüülrühmade vahel.



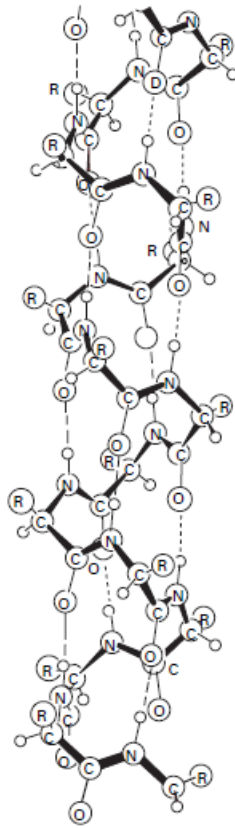
- 2) Happeliste ja aluseliste kõrvalrühmade liitumisel (nt arginiinhappe- ja asparagiinhappejäägi vahel) moodustub iooniline side, näiteks:



- 3) Tsüsteiinside ehk disulfiidside (nimetatakse ka väävelsillaks) üldvalemiga $-CH_2-S-S-CH_2-$ on keratiini külgnevate ahelate ehk makromolekulide vahel moodustuv kovalentne ristide, mis ühendab peaaahelate makromolekulid võrestikuks. Tsüsteiinside on tundlik mitmesuguste keemiliste mõjutajate suhtes, lagunedes leeliste, taandajate ja oksüdeerijate toimel.



Polüpeptiididele omane sekundaarstruktuur on krüvijas α -heeliks, mis on kujutatud joonisel 1. Mitme heeliksi kokkukeerdumisel moodustuvad alg- ja mikrofibrillid millest omakorda makrofibrillaarne sturktuur (tertsiaarstruktuur) [1] [2] [3] [4].



Joonis 1. Polüpeptiididele ja proteiinidele omane α -heeliksi struktuur [2].

1.2 Ehitus

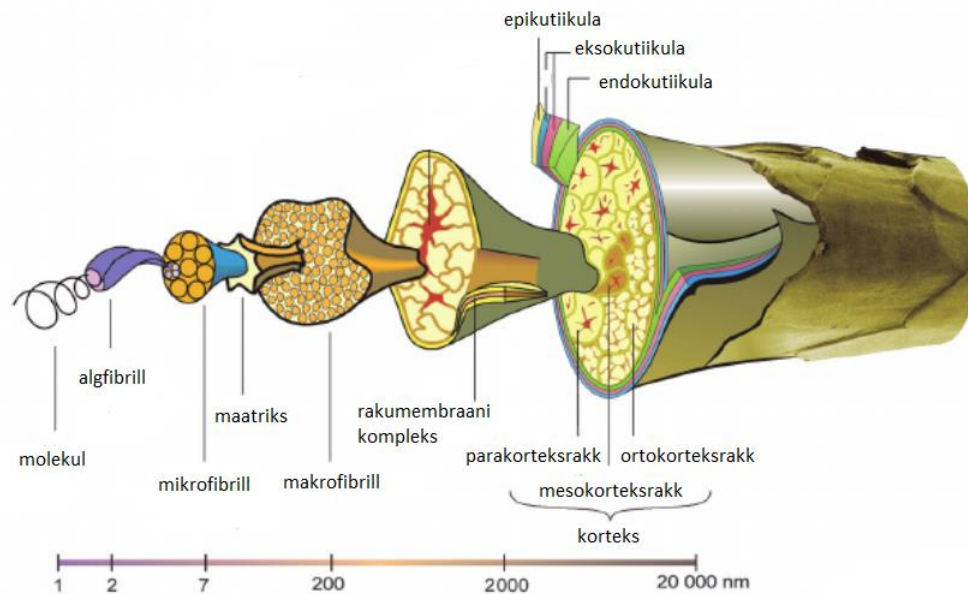
Villa- ja karvakiud on tekstiilkiududest kõige keerukama rakulise ehitusega. Mitmetest kihtidest koosnevat villakiudu on kujutatud joonisel 2. Villakarva kasvades võivad moodustuda erinevad kiukihid - kutiikula, korteks ja medulla, mis kõik on mikroskoobi all vaadeldavad. Väga peened villakiud moodustuvad üldiselt ainult kahest kihist: kutiikulast ja korteksist.

Villa läikeomadused, vanuvus ja vildistumine sõltuvad villa soomuselisest välispinna ehk kutiikula ehitusest. Soomuskiht koosneb valguliimiga üksteise külge kinnitunud kolmest kihist: epikutiikula (pinnakiht), eksokutiikula (välimine pinnakude) ja endokutiikula (sisemine pinnakude). Endo- ja eksokutiikula moodustuvad soomuselistest katterakkudest, mille kuju oleneb peamiselt villalooma tõust. Katterakud võivad asetseda kiu ümber kroonikujuliselt (nt peenvillakiud), paikneda kõrvuti (keskmise peenusega või läikivad ja pikad villakiud) või sarnaneda kalasoomustele (nt jäme pealivillakiud). Katterakud avanevad kiu tipu suunaliselt. Soomusrakkude kuju, mustri ja asetuse järgi on võimalik skaneeriva elektronmikroskoobiga (SEM) kiudu vaadeldes tuvastada selle liigiline kuuluvus [1] [2] [3].

Villakiu jämedus, säbarus, elastsus, tugevus, kokkumine, afiinsus värv- ja viimistlusainete suhtes sõltuvad soomuskihi all paikneva koorkihi ehk korteksi ehitusest. Korteks koosneb orto- ja parakorteksirakkudest ning moodustab villakiu massist umbes 90%. Orto- ja parakorteksi kihtide

vaheline pingeline põhjustab kiu säbardumise. Säbaras kius (nt meriinovillas) on orto- ja parakorteks keerdunud selliselt, et ortokorteks on nähtav keeru pinnal ning parakorteks keeru sisemuses. Kortekskihtide määrad olenevad loomatõust ja villatüübist. Säbaruseta (sirges) pealisvillas paiknevad orto- ja parakorteks kontsentriliste silindritena, seejuures moodustavad ortokorteksrakud alati sisemuse. Lauge säbarusega villakius (alpakavill) on orto- ja parakorteksit võrdselt [1] [5].

Villakiudude veeimavus ehk hügrooskoopsus sõltub säsihihi ehitusest. Säsihihti nimetatakse ka medullaks või südamikuks ning selle moodustavad säsirakud. Südamik, juhul, kui see kius üldse esineb, võib olla pidev, osaline või katkendlik ning selle määr muutub terve kiu ulatuses. Südamik suureneb kiu läbimõõdu suurenemisel [1] [2] [3].



Joonis 2. Villakiu ehitus [5]

1.2.1 Erinevused alpaka- ja lambavilla kiudude ehituses

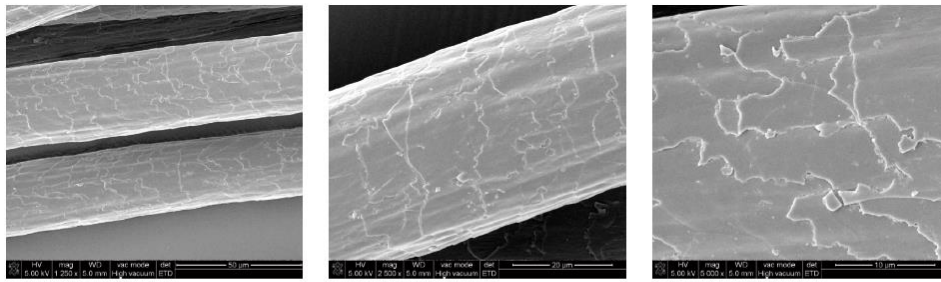
Luksuskiudude kutiikula katterakud on peenemad ja lamedamad, tavaliselt kuni 0,4 μm (lambavillal vähemalt 0,6 μm , tavaliselt 0,8 μm). Katterakud on asetunud hõredamalt ning katterakkude serv hoiab pinnaligi (ei kaardu väljapoole) [3].

Poolas läbiviidud uuringu „Properties and Structure of Polish Alpaca Wool“ tulemusena selgus, et alpaka- ja peenlamba villakiud ei erine pikkuse ja peenuse poolest, kuid alpakavill on pehmem ja kergem. Kiudude katkekoormuse ja -venivuse määramisel ilmnes, et alpaka- ja lambakiudude katkekoormused on sarnased, kuid alpakakiudude suhteline katkevenivus on lambakiududest ligikaudu 10% suurem. Suurem katkevenivus tuleneb alpakakiudude mõningasest struktuuri omapärast. Erinevalt lambavillast, ei ole alpakakiudude ristlõikepinna kuju ühtlaselt ümmargune (ringikujuline). Lisaks esineb enamikes alpakakiududes medulla ehk nende kiudude keskmes asuvad tühimikud ehk õhuõõnsused. Seetõttu on alpakakiud kergemad ja oluliselt paremate termiliste

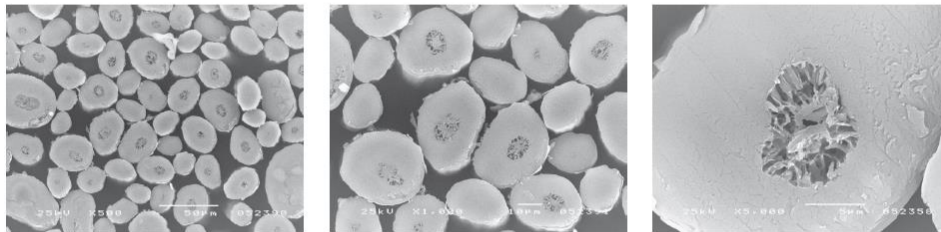
omadustega (soojapidavamad). Alpaka- ja lambavilla kiudude morfoloogilised tunnused on toodud tabelis 1. Selgema ettekujutuse alpaka- ja villakiudude ehituse erinevustest saab joonistelt 3 ja 4 [6].

Tabel 1. Alpaka- ja villakiudude morfoloogilised tunnused [3]

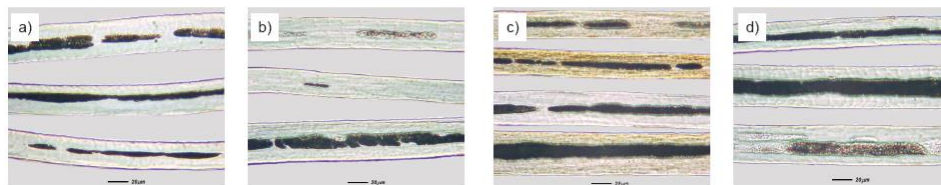
Villakiud	Lambavill		Alpaka	
	Peen	Jäme	Peen	Jäme
Katterakkude paigutus	Ühtlase tihedusega kroonikujuliselt	Tihe (eba)korrapärane mosaiik. Õhukesed ja lamedad, tasaste servadega.	Ebakorrapärane laineline mosaiik	Ebakorrapärane laineline tasaste servadega mosaiik.
Medulla	Puudub	Lai võrestikulaadne või kitsas, kuid pidev või katkendlik	Esineb, kuid varieeruv katkendlikust pidevani	Esineb, kuid varieeruv katkendlikust pidevani
Ristlõige	Ringikujulisest ovaalseni	Ringikujulisest ovaalseni	Sarnaneb ringikujulisele või ovaalne	Varieeruv ringist ovaalini
Kiu diameeter	15-24 µm	Kuni 40 µm	15-24 µm	40-60 µm



1) Erineva suurendusega (1250x, 2500x, 5000x) SEM pildid alpaki kiudude pinnakihi katterakkude suurusest, kujust ja paiknemisest

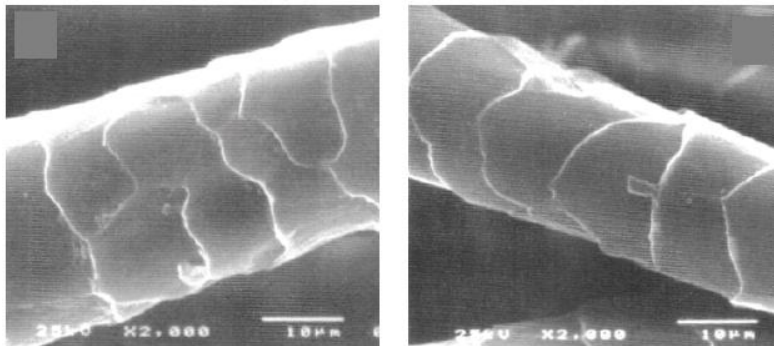


2) Erineva suurendusega (500x, 1000x, 5000x) SEM pildid alpaki kiudude ristlõikepinna kujust

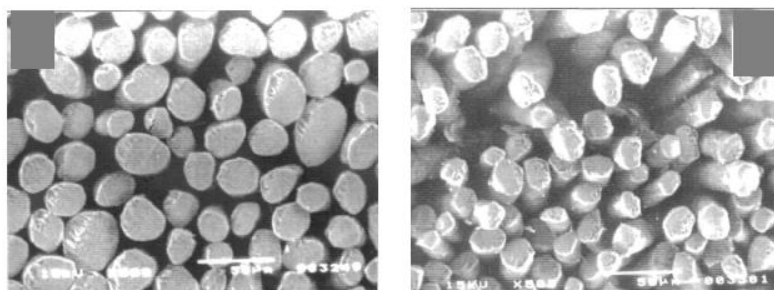


3) SEM pildid alpaki kiudude medullast sõltuvalt kiu jämedusest. a) pronksjas pruun $d=24\ \mu\text{m}$ b) valge $d=24,3\ \mu\text{m}$ c) valge $d=29,1\ \mu\text{m}$ d) valge $d=35,4\ \mu\text{m}$

Joonis 3. SEM pildid alpaki kiudude ehitusest [6].



1) 2000x suurendusega SEM pilt meriinolamba kiududest



2) 500x suurendusega SEM pildid meriinolamba kiudude ristlõikepinna kujudest

Joonis 4. SEM pildid meriinolamba kiudude ehitusest [6].

1.3 Üldised omadused

Villakiududele on iseloomulik säbarus. Kui lambavilla kiud on väga säbarad, siis alpavilla kiud on lauge säbarusega. Säbarusel on oluline roll villast valmistatava toote soojapidavusele. Näiteks lisab see valmistatud tootele kohevust, mis suurendab toote soojapidavust. Soojapidavust soosib ka villakiudude halb soojusjuhtivus. Säbarusest ja soomusrakkude kujust ning asetusest sõltuvad ka villakiudude läikeomadused.

Villased tooted on kiudude pinnaehituse tõttu hea õhuläbilaskvusega, hingavad ning raskesti märguvad. Villakiud on võimeline imama suurel määral vett ja niiskust ning on suure hügroskoopsuse tõttu lihtsasti värvitavad. Märgudes või niiskudes kiud paisuvad ning eraldavad soojust (keemiliste sidemete lagunemise tõttu), mistõttu tooted tunduvad soojana. Villased tooted on niiskuse ja temperatuuri koosmõjul lihtsasti vormitavad või permanentselt viimistletavad. Toote hõõrumisel leeliselises või happelises lahuses katterakud avanevad ning takerduvad üksteise külge, mille tulemuseks on toote vanumine.

Villakiud on suure katkevenivuse sitke kiud. Tõmbetugevus on väike. Villa märgudes tõmbetugevus väheneb veelgi ning katkevenivus suureneb. Seetõttu tuleb toodete hooldamisel olla ettevaatlik ning hoiduda toote väänamisest ning muljumisest. Peale toodete pesemist tuleks need kuivama asetada horisontaalsele pinnale. Villakiud on väga elastsed, hea vetruvuse ning suure paindetugevusega, mistõttu on villased tooted kandmisel väga mugavad. Villast tehtud toodete puuduseks on madal kulumis- ja hõõrdekindlus, mille parendamiseks segatakse neid sünteeskiududega, näiteks polüakrüüli, polüestri ning polüamiidiga.

Väikese elektrijuhtivuse tõttu võib vill väikese niiskussisaldusega (kuivas) õhus hõõrdumisel elektriseeruda, tõmmates ligi mustust ja tolmu. Väikese elektri- ja soojusjuhtivuse tõttu tehakse villast isolatsioonmaterjale.

Villakiud on raskesti süttivad, halvasti põlevad ning kustuvad leegist eemaldamisel. Põlemisel eraldub põlenud juuste lõhn ning põlemisjäägiks on sõrmede vahel katkimuljutav söestunud kera.

Keratiinkiud on vastupidavad hapetele, kuid kergesti kahjustuvad leeliste toimel. Lahjad leelised katkestavad disulfiidsidemed, mis siiski taastuvad leelise väljaloputamisel. Kangete leeliste mõjul laguneb kiud täielikult, katkevad nii ioon-, disulfiid- kui ka peahela peptiidsidemed. Seetõttu kasutatakse villaste toodete hooldamiseks üksnes nõrgalt aluselisi või neutraalseid pesuvahendeid (villašampoon). Oksüdeerivad valgendajad nagu hüpoklorit põhjustavad pöördumatuid kahjustusi ning värvimuutusi (disulfiidsillad katkevad lõplikult).

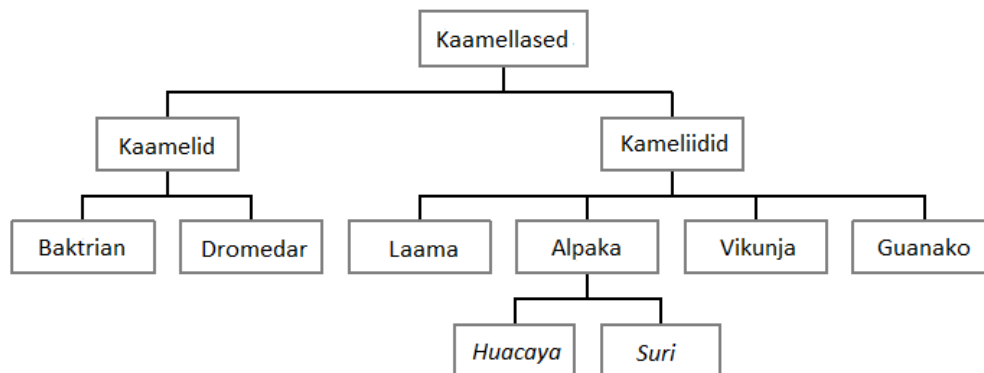
Villased tooted on üldiselt suure pillingukaldvusega, st toote pinnale võivad eksploatatsioonis moodustuda kiutopid ehk pilling. Pilling tekib, kui pinna hõõrdumisel libisevad kiutsad tekstiili pinnale ning moodustavad üksteise külge takerdudes sasikägaraid.

Otsene päikesevalgus (UV-kiirgus) kahjustab villakiude (disulfiidsidemed katkevad), tooted värvuvad kollakaks ning muutuvad rabedaks. Seetõttu pole soovitatav villaseid tooteid otsese päikese käes kuivatada.

Suure väävlisisalduse tõttu on villased tooted alid mitmesuguste putukate ja koiliblikate kahjustustele. Niisketes ja soojades tingimustes võivad villased tooted hallitada ning kahjustuda bakterite tegevuse tagajärjel [2] [7] [40].

2. ALPAKAVILL

Kaamellaste villade liigitus on kujutatud joonisel 5. Alpakad kuuluvad Lõuna-Ameerika kaamellaste sugukonda kameliitide perekonda. Kameliitide esivanemad pole täpselt teada, kuid arvatakse, et kodustatud kariloomadena peetavad alpakad ja laamad põlvnevad guanakost. Alpakasid on villaloomadena kasvatatud ja aretatud vähemalt 3000 aastat. Tekstiilitööstuses on alpakavill väärtuslik tooraine, liigitudes luksuskiudude hulka. Alpakavilla teeb eriliseks selle pehmus, kergus ja soojapidavus, naturaalse värvi toonide küllus ja hea tugevus [8].



Joonis 5. Kaamellaste liigitus [8].

Juba muistsed inkad väärtustasid alpakade peent ja pehmet villa ning seda kandsid vaid kuningad. Kui Hispaania konkistadoorid 16. sajandi alguses Inkade riigi vallutasid ning elanike arv piirkonnas suurenes, taandusid alpakad kidura taimestikuga Peruu mägismaadele ning nende arvukus vähenes drastiliselt. Alpakade koguarv küündis 2012. a 3,5 miljonini ning vähemalt 90% neist elab Lõuna-Ameerikas, täpsemalt Andide mäestikus Peruu Altiplanosel. Sel ulatuslikul suurte soolavarude ja rohkete järvedega platool (kõrgusel 4000-5000 m merepinnast) valitseb mägitundra - õhutemperatuurid on madalad, sajab vähe, mullad on kivirohked ning taimestik kidur. Alpakad on üsna arvukalt levinud ka Tšiilis ja Boliivias. Suurepärase kohanemisvõime ning lepliku loomuga alpakade arvukus USAs, Kanadas, Austraalias, Uus-Meremaal ja Euroopas kasvab iga aastaga [4] [9].

Kaamellastelt (bakritanivill, guanakovill, laamavill, vikunjavill), kitsedelt (kašmiir, mohäär), veistel (qiviut, jakk) ja karusloomadelt (angoora küüliku vill) saadavat villa nimetatakse selle eriliste omaduste tõttu ka luksusvillaks. Alpaka toorvilla maailmatoodang oli 2012. a ligikaudu 6500 tonni aastas (2-4 kg toorvilla loomalt/a), olles kaamellaste sugukonna villadest suurim. Luksusvilla üldine toodang oli umbes 50 000 tonni aastas, moodustades üksnes 0,15% looduslike kiudude aastasest maailmatoodangust (33,35 miljonit tonni). Sellest hoolimata on neil väga oluline roll kõrge lisandväärtusega toodete (luksuskaupade) turul, eriti rõivasektoris. Lisaks etnilisele tähtsusele, on alpakadel ulatuslik roll ka mõne piirkonna tekstiilitootmises ja majanduses. Näiteks 2012. a sõltus

Huancavelica regiooni (Peruu) 3300 perekonna sissetulek seal peetavast 225 000 alpakast. Nendest alpakadest 90% olid Huacayad ning 86% valget värvi. [10] [11].

Alpakade eluiga on üldiselt kuni 20 aastat. Täiskasvanud alpaka kaalub keskmiselt 55-70 kg ning tema turjakõrguseks on üldiselt 1-1,1 m. Emaslooma tiinus kestab 11-12 kuud, misjärel sünnib üldiselt üks järglane, keda nimetatakse kriaks. Keskmine emasloom poegib esmakordselt 18-24 kuu vanuselt. Kria sünnikaal on 7-9 kg [4] [12]

Alpakasid esineb kahte tõugu: *Suri* (hääldus: SOO-ree) ja *Huacaya* (hääldus: wah-KI-ah). Jooniselt 6 nähtub, et nende erinevus seisneb villakus. Kui *Suri* villak on märgatavalt pikem, peamiselt säbaruseta, sirgem ja läikivam, siis *Huacayadele* on iseloomulik kohev ja tihe, säbaram villak. *Suri* villakiud on pikemad, läikivamad ja pehmemad kui *Huacayal*, kuid viimased moodustavad alpakade populatsioonist ja villatoodangust valdava enamuse [8].



Joonis 6. Suri alpaka (vasakul) ja Huacaya alpaka (paremal) [13]

2.1 Omadused

Alpakade villak on sarnaselt teistele kahekihiline, koosnedes pealivillast ja alusvillast. Pikemate, jämedate, laugema säbarusega pealivillakiudude eesmärgiks on pakkuda loomadele kaitset ilmastikumõjude (vihm, päike) ja mustuse (määrumise, prahi) eest. Säbarad, peened ja tihedad alusvillakiud annavad villakule kohevust, tagades nii erakordsed isolatsioonomadused (soojapidavuse) äärmuslikes oludes. Kiududes esinev südamik muudab kiud kergeks ja soojapidavaks. Alpakavillaku puhul pole kihtide erisus niivõrd märgatav [4].

Alpakavilla kiudude peenus ja pikkus on sarnaselt teiste looduslike kiududega väga varieeruv. Villakiu keskmine pikkus varieerub 125 mm kuni üle 200 mm, kasvades seejuures umbes 100-125 mm aastas.

Kiu keskmine peenus jääb vahemikku 10-75 µm. Kogu villaku keskmine läbimõõt on 17-35 µm (tavaliselt 25-35 µm), tüüpiliselt 26/27 µm. Kiudude peenus sõltub mitmesugustest faktoritest: vanusest, soost, värvusest, toitumusest, kasvukohast looma kehal, aastaajast, karjast ja/või pärilikkusest. Kiudude läbimõõt suureneb alpaka vanuse kasvades, üldiselt kuni 4-7. eluaastani [4].

Alpakavillale lisab väärtust ka naturaalsete värvitoonide küllus, mis on toodud joonisel 7. Põhitoonideks on valge, kollakaspruun, pruun, must ja hall. 2013 a. seisuga oli ligikaudu neljandik registrisse kantud alpakadest valged. Kõige haruldasemad ja erilisemad on hallides toonides alpakad, kelle arv jäi alla 10% [14].

Üldiselt pärandavad vanemad oma järglastele villa kvaliteedi, kuid mitte alati selle värvitooni, kuna see sõltub suuresti naha pigmentatsioonist. Tumedama villakuga järglased sünnivad tõenäoliselt juhul, kui vanemate jäsemad, varbaküüned ja huuled on musta värvi, ning heledamaga siis, kui nimetatud kehaosad on roosakad [15].



Joonis 7. Alpakavilla 16 naturaalsed värvitooni [14].

2.2 Pügamine, sorteerimine, töötlemine

Alpakasid pügatakse kord aastas üldiselt suvisel vihmaperioodil, Eestis üldiselt mai- või juunikuus. Aastaga kasvab villak tavaliselt 12-15 cm pikkuseks. Alpakasid pügatakse üldjuhul käsitsi, kasutades selleks spetsiaalseid teravaid kääre või masinat ning ühel loomalt saadakse 2,2-4,5 kg (üldiselt 3 kg) saastavilla. Sarnaselt lamba saastavillale, sisaldab ka alpaka toorvill väikeses koguses mittevalgulise

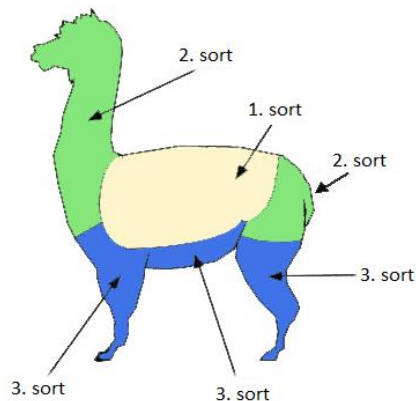
päritoluga võõrlisandeid, nagu taimset prahti, mineraalaineid, villavaha, -higi ja -rasva ning niiskust. Tabelis 2 on võrdluse huvides toodud alpaka- ja lamba saastasvillade sisaldused. Villarasva vähesuse tõttu on vajalik alpaka pügamisel kääre aeg-ajalt õlitada [1] [4].

Tabel 2. Alpaka ja lamba saastasvillade sisaldused [4]

Villak	Villarasv, %	Tolm ja taimne praht, %	Villahigi, %	Puhas vill (saagis), %
Alpakavill	1-3	3-10	1	87-94
Lambavill	15-30	5-20	4-7	43-57

Alpakavilla sorteeritakse käsitsi lähtuvalt selle peenusest, pikkusest ja värvusest. Kiu peenus sõltub suuresti selle kasvukohast loomal ning varieerub sõltuvalt kehaosast suurtes piirides. Joonisel 8 nähtub, et vastavalt villa kasvukohale, saab alpakalt kolme sorti villa:

- 1. sordi ehk kõrgeima kvaliteediga vill on ühtlustunud vill ehk ühtlase peenuse ja pikkusega (90-180 mm), sisaldades minimaalselt pealisvilla. Tegemist on nn sadulavillaga, mis kasvab alpaka külgedel ja seljal.
- 2. sordi villaks nimetatakse alpaka kaelal ja tagaosas. kasvavat villa. See on lühem (40-130 mm) ja natuke jämedam, suurema pealisvilla sisaldusega.
- 3. sordi villa hulka arvatakse alpaka kõhult ja jalgadelt saadavat ühtlast villa minimaalse pikkusega 40 mm. Seda nimetatakse ka madalasordiliseks villaks ning kasutatakse peamiselt viltimiseks [16].



Joonis 8. Alpakavilla sordid vastavalt kehaosale [16].

Ühtlase pikkuse ja peenusega alpakavilla säugud (vasakul) ning villavärvi järgi sorteeritud ning kottidesse pakitud alpakavill on toodud joonisel 9.



Joonis 9. Alpakavilla säugud (vasakul) ja vastavalt värvile sorteeritud alpakavill (paremal) [8] [13].

Peenuse järgi liigitatakse alpakavilla piirkonniti erinevalt. Rahvusvahelises standardis ASTM D2252-18 *Standard Specification for Fineness of Types of Alpaca* klassifitseeritakse alpakavill sõltuvalt kiu läbimõõdust vastavalt tabelis 3 kirjeldatule. Tabelis 4 on esitatud üldlevinud alpakavilla sordid lähtudes kiu läbimõõdust [4] [17]

Tabel 3. Alpakavilla kiudude tüübid sõltuvalt läbimõõdust ASTM D2252-18 standardi kohaselt [17].

Tüüp	Kirjeldus	Keskmine läbimõõt, μm
T Extra	-	<22,00
T	Kriavill	22,00 – 24,99
X	Ülipeen	22,00 – 24,99
AA	Keskmine	25,00 – 29,99
A	Jäme	30,00 – 35,99
SK	Jalgadel kasvav vill (viltimiseks)	>30,00
LP	Kõhul kasvav vill (viltimiseks)	>30,00

Tabel 4. Üldlevinud alpakavilla peenusklassid [4]

Villaklass	Läbimõõt, μm
Madalasordiline	>39
Jäme	>31,5
Keskmine	26
Peen	23,1-26,5
Ülipeen	<23,5
Kriavill	≤ 22

Peale sorteerimist toimub alpakavilla pesemine, mis viiakse läbi sarnaselt lambavillaga. Tööstuses kasutatakse selleks spetsiaalset villapesuliini, väiksemates vabrikutes või farmides on selleks

spetsiaalsed pesumasinad (eraldatud seinadega pesutünnid). Pesemise eesmärgiks on vabaneda võõrlisanditest (villavaha, rasu, uriin, villarasv). Tööstuses kasutatakse villapesul spetsiaalseid mitteioonseid või anioonseid pindaktiivseid ained sisaldavaid neutraalseid või nõrgalt aluselisi pesuvahendeid. Alpakavilla leotatakse, ilma segamata, pesuainega vees 60°C juures 1,5 h (vs lambavill 5 h) ning nõrutatakse restidel. Seejärel asetatakse ühtlase kihina restidele jaotatud nõrutatud vill kuivatusahju ning kuivatatakse 24 h jooksul tsirkuleerivas õhus mõõdukal temperatuuril. Pärast pesemist moodustab puhastatud vill (saagis) saastavillast 85-90% saastavillast [4] [18].

Pestud villast tolmu ja taimse prahi kõrvaldamiseks ning villasäukude lahtiharutamiseks või -noppimiseks kasutatakse huntimismasinat, mille käigus lisatakse alpakavillale ka antistaatikut edasise töötlemise hõlbustamiseks [18].

Alpakavillak sisaldab vähesel määral (üldiselt umbes 10%) jämedaid, tugevaid ja jäike pealisvillakiude. Alpakavilla separeerimisprotsessi muudab keerukaks selle raskesti eristatav kahekihilisus – ühtlustunud vill ehk kiudude läbimõõdu, jäikuse ja säbaruse väike erinevus. Kvaliteetse peenvillase toote valmistamiseks on vajalik siiski pealisvill alusvillast separeerimisprotsessis (ingl k *de-hairing*) eraldada. Antud protsessi efektiivsusest sõltub aga valmistatava tekstiiltoote kvaliteet ning hind.

Villa mehaaniline töötlemine sarnaneb lambavilla omale ning seda tehakse üldiselt kammketrussüsteemil, harvem kraasketrussüsteemil (aparaatketrus). Aga nagu kõiki luksuskiude (nt mohääri), on ka alpakavilla töötlemine keerukas selle sileda pinna (lamedad katterakud) ja lauge säbaruse tõttu. Pikematest ja peenematest villakiududest (kammvillast) kedratatakse kammlõnga. Kammlõng on siledam, pehmem ja ühtlasem ning sellest toodetud riie on õhuke, hea drapeeruvusega ning pehme. Lühematest kiududest (kraasvill) kedratatakse kraaslõnga, millest omakorda kootakse jämedakoelisemat riidet. Villaloori kasutatakse ka viltimiseks [7].

Alpakavilla töötlemine, värvimine ja viimistlemine toimub lambavillaga analoogsetel seadmetel, kuid masinad ja protsessid vajavad mõningast ümberkohandamist. Liiga pikk värvimis- ja viimistlusprotsesside kestvus, kõrge temperatuur ja vale pH-tase võivad rikkuda kiudude pehmus- ja läikeomadused. Alpakavilla töötlemise kohta, sh separeerimisprotsessi kohta on vähe avalikku infot, kuna oskused ja kogemused alpakavilla õigesti töödelda on villavabrikute ärisaladus [4] [7].

2.3 Kasutamine

Alpakavillaseid tooteid iseloomustab pehmus, soojapidavus, kergus ja mugavus. Lisaks on tooted hea niiskusimavuse ja hingavusega, raskesti märguvad ja süttivad, mittekoortsuvad ning venivad (elastsed). Alpakavillased tooted on kergemad, pehmemad ja soojapidavamad kui lambavillased (lambavilla kiududel puudub südamik), kuigi soojapidavus sõltub suuresti ka kangastruktuurist. Tooted on hüpoallergeensed ega ärrita nahka. Samas võivad alpakavillased tooted olla madala hõõrde- ja

kulumiskindlusega ning valel hooldamisel kergesti vanuda. Toodetele tekib pilling üsna kergesti, kuid pillid on lihtsasti eemaldatavad.

Peamiseks lõpp-toodanguks on silmuskoelised materjalid ja –tooted, nt kudumid, pulloverid ja kardiganid. Viimastel aastatel üha enam ka soepesu ja sokid. Samuti kootakse alpakavillast ülikonna-, kostüümi-, pintsaku- ja bleiseririiet ning ka tviidi. Kootud kangastest valmistatakse naiste mantleid, jakke, kleite, seelikuid ja pükse, aga ka pleede, tekke ja katteid. Kriavillast tehakse kõiksuguseid aksessuaare: sallid, kindad ja mütsid. Madalasordilist alpakavilla kasutatakse täitematerjalina patjades ja tekkides, ka katetes. Alpakavillast tehakse ka käsitöölõnga, ka efektlõnga (nt bukleeelõng). 100% alpakavillase (silmus)kudumislõnga joontihedus on tavaliselt 60 tex ning koe- või lõimelõnga joontihedus üldiselt 35 tex [4] [6] [7].

Kõrge kvaliteediga alpakavillased tooted on lambavillastega võrreldes tunduvalt kallimad. Sõltuvalt tootjast ning brändist võivad hinnad erineda kordades. Joonisel 10 on toodud mõned näited alpakavillastest toodetest ning nende hindadest.









Joonis 10. Alpakavillased tooted: a) Suitsupply Havana Navy Houndstooth Suit, 58% alpaca, 27% wool, 15% polyamide, 399€ b) Figue Yara Cardigan, 68% alpaca, 17% polymide, 9% silk, 6% wool, 684 € c) Harris Wharf London Alpaca Wool Coat, 100% alpaka, 565€ d) Jackie Alpaca Dress, 100% alpaka, 399 \$ e) Herringbone baby alpaca plaid 196€ f) Mara Hoffmann Nellie Alpaca Ribbed Knit Trousers and Eliza Sweater 100% babyalpaka 478€ + 352 € g) Maison Margiela Mustard Chunky Knit Pullover, 68% alpaca, 22% polyamide, 10% wool; 965 \$ h) Suitsupply Grey Regular Socks, 40% alpaca, 15% wool, 40% polyester, 5% lycra, 10€ i) Felt Beanie with pompom, 100% alpakavill, 89€ j) DROPS BabyAlpaca Silk, 70% alpaka, 30% siid 3,60€/50g [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26] [27].

2.4 Hooldamine

Toodete väärtuse (kandmisomadused, vorm, välisilme) säilitamisel on oluline roll nende hooldamisel. Hooldustähistuse tingmärgid (eriomaduste kirjeldamiseks ka hooldusterminid) märgitakse kas müügipakendile, vahetult tootele, toote külge (üldiselt toote sisekülje ühendusõmblusesse) kinnitatud tekstiililindile või etiketile (nt lõngade puhul).

Rahvusvahelise standardiga EVS-EN ISO 3758 määratakse graafiliste tingmärkide süsteem, mis kehtestab tekstiiltoote tähistamise ja annab vajalikku informatsiooni tootele hooldustoimingu kestel võimaliku pöördumatu kahju vältimiseks, ning määrab kindlaks nende tingmärkide kasutamise hooldustähistuses. Antud standard esitab hooldusjuhised, kasutades põhitingimärke viies peamises järjestuses: pesemine, pleegitamine, kuivatamine, triikimine ja professionaalne tekstiilihooldus. Samuti reguleeritakse standardiga professionaalse tekstiilihoolduse toiminguid kuivpuhastuse ja märgpuhastuse osas, va tööstuslik pesupesemine [28].

Alpakavillaste toodete puhastamisel on eelistatud käsipesu ja kuivpuhastus, mõnel juhul ka kerge masinpesu. Seejuures kasutatatakse neutraalseid või nõrgalt aluselisi spetsiaalseid villale ja siidile mõeldud vedelal kujul pesuvahendeid (villašampooni). Raskete plekkide puhul on soovitatav kasutada keemilise puhastuse teenuseid. Tüüpiline hooldusmärgistus koos toimingute kirjeldusega on toodud joonisel 11. Juhul, kui masinpesu on lubatud, peaks toodete pesemiseks kasutama spetsiaalset villa- või siidipesu programmi (lühiajaline). Käsipesu on lubatud mitte enam kui 30°C juures, seejuures tuleb vältida toote hõõrumist, venitamist, väänamist ja tugevat muljumist. Pleegitamine pole lubatud. Tooteid võib kuivatada üksnes horisontaalsel pinnal, soovitatavalt toatempeatuuril ning mitte otsese päikese käes. Triikimine, kui üldse lubatud, siis madalal kuumusel kuni 110°C juures kerge auruga, vältides tugevat survet tootele. [22] [28]

- 
- käsipesu, kõrgeim pesemistemperatuur 30°C
- 
- pleegitamine keelatud
- 
- trummelkuivatamine keelatud
- 
- tasapindkuivatus
- 
- triikraua põhja kõrgeim temperatuur 110 °C
- triikimine auruga võib põhjustada pöördumatuid kahjustusi
- 
- professionaalne tekstiilihooldus tetraklooreteeniga
normaalne hooldustoiming

Joonis 11. Alpakavillaste toodete hooldusmärgistus ja toimingud [22] [28]

3. ALPAKALÕNGAD

Paljud tänapäeva tekstiiltooted koosnevad mitut liiki kiududest või nende segudest. Tekstiilkiudude segamisega saavutatakse mingite kindlate omaduste kombinatsioon, mis sobib lõnga kasutusotarbega või vastab lõpp-tootele seatud kriteeriumitele. Peamised põhjused tekstiilkiudude segamiseks on järgmised:

- Kiu teatud puuduste kompenseerimiseks;
- Tekstiiltoote (lõnga, kanga) omaduste parendamiseks;
- Tekstiiltoote välisilme ja -tundmuse muutmiseks või selle parendamiseks;
- Ketrus- ja kudumismasinate efektiivsuse tõstmiseks ning töötlemise hõlbustamiseks;
- Tootmiskulude või tooraine hinna vähendamiseks [29].

Alpakavilla kasutatakse nii puhtal kujul kui ka segus teiste tekstiilkiududega. Väga levinud on alpakavilla segamine lambavillaga (sh meriino) kiudude kohesiooni ja moodsate villatöötlemisseadmete jõudluse (efektiivsuse) suurendamiseks. Loomsetest kiududest kasutatakse alpakavilla segus ka siidi ja teiste luksuskiududega, nagu kašmiiri, kaamelivilla, jakivilla, mohääri ja angooraga. Taimsetest kiududest peamiselt puuvilla, aga ka linaga. Keemilistest tehiskiududest peamiselt viskoosiga, ning sünteeskiududest polüestri, polüamiidi ning polüakrüülnitriiliga [4].

Siidikiu (SE) pikkuseks on 300-1000 m, lõngaks ketramisel kasutatakse üldiselt 50-250 mm pikkuseid staapelatud kiude. Toorsiidi joontihedus (peenus) on 1-3 dtex, läbimõõt 12-25 µm. Siid sarnaneb tõmbetugevuselt (30-50 cN/tex) puuvillale, kuid on parema katkevenivusega (20-30%). Siid on elastne ning sitkeim looduslik kiud. Siid eelisteks on läige, kergus, pehmus, hea soojapidavus, hügroskoopsus, hea õhuläbilaskvus ning tulekindlus. Siid elektriseerub kuivas õhus, ei ole vormitav, seda on raske hooldada, laguneb leeliste ja hapete ning kahjustub higi ja UV-kiirguse toimel. Villasegudes kasutatakse siidi välisilme ja tundmuse parendamiseks ülerõivaste, kostüümide ja ülikondade ning kleitide valmistamiseks [7].

Polüamiidile (PA) on iseloomulik elastsus, hea värvitavus, kergus ning lihtne hooldatavus. Polüamiidi tugevus on 35-50 cN/tex ning venivus 24-55%. Niiskudes säilitab PA erinevalt villast oma head tugevus- ja venivusomadused. PA kiud on hea paindetugevuse ja hõõrdekindlusega, kuid staapelkiududena pillingualtid. Lisaks sellele on puudusteks väike soojapidavus ja niiskusimamisvõime (tundub külmana) ning elektriseeruvus. Kuigi PA rõivad on mitmesugustele ilmastikutingimustele (vihm, tuul) ning ka keemilistele ainetele hea vastupidavusega, siis UV-kiirguse toimel kiudude tugevus väheneb ning tooted kolletuvad. Multifilamendi jämedus trikoolõngal on 56 dtex, staapelkiududel vahemikus 1,6-22dtex. PA-st toodetakse kudumeid, trikootooteid, riidet, lausriidet ja pitsi. Kasutatakse segus alpakavillaga hõõrdekindluse ja tõmbetugevuse parandamiseks. Seejuures on PA osakaal segus 20-

30%. Alpaka- ja polüamiidisegu kasutatakse näiteks suka- ja sokitoodete, kudumiste, mantli- ja ülikonnariide ning ametirõivaste tootmiseks [7].

Peamised põhjused alpaka- ja polüamiidisegu segamiseks teiste kiududega on töötlemise ja ketramise hõlbustamine, tootele lisandväärtuse andmine või omaduste parendamine (pehmus, niiskusimavus, venivus jne), tootehinna vähendamine, kulumiskindluse ja tugevusomaduste parendamiseks, samuti pillingukaldvuse vähendamiseks ning tootele ilusama välimuse või pehmuse andmiseks [4] [7].

3.1 Ülevaade alpaka- ja polüamiidisegu e-kaubandusest

Magistritöö raames viidi läbi alpaka- ja polüamiidisegu veebipoodide uuring eesmärgiga välja selgitada alpaka- ja polüamiidisegu veebipoodide kasutajate arv ja kasutajate arv Eestis e-kaubanduses. Lisaks selgitati välja tekstiilkiud, mida enim kasutatakse alpaka- ja polüamiidisegu segamisel ning nende nende osakaalud veebipoodides.

Kui veel 20 aastat tagasi tegid inimesed oma ostud poodides kohapeal, siis tänapäeval on võimalik oste mugavalt sooritada ka kodust lahkumata. E-kaubandusliidu andmetel tegid Eesti elanikud 2019. aasta esimeses kvartalis viiendiku võrra rohkem e-oste kui eelmise aasta kolmel esimesel kuul. Arvestades Euroopa kogemust ja seda, et Eestis on internetikasutajate osakaal rahvastikus üks Euroopa suurimaid, on e-ostude mahul ruumi veelgi kasvada. E-poe loomine aitab ettevõtetel laiendada ilma täiendavate müügipindadeta, kasvatada oma kliendibaasi ning konkurentsivõimet ning suurendada kättesaadavust oma toodetele ja teenustele. Internetis kauplemise suurimaks eeliseks on madalad haldamis- ja personalikulud. Peale selle pole e-poe loomises enam midagi keerulist ning erinevad sotsiaalmeedia kanalid pakuvad kaupade turustamiseks suurepäraseid võimalusi. Nimetatud põhjustel on ka paljud käsitöötavate maaletoomise ja edasimüümise tegevused ettevõtted e-pood rajanud ning seetõttu on käsitöötavate inimestele kergesti kättesaadavad. Kuigi alpaka- ja polüamiidisegu käsitöölõnga e-müügiga tegelevad ka mõned Eesti alpaka- ja polüamiidisegu kasvatajad, on alljärgnevalt kirjeldatud üksnes suurimate maaletoojate ja edasimüüjate e-pood. [30].

Põhja-Euroopa suurim ning väga mitmekesise lõngade valiku ja disainide bränd DROPS Design on üle 30 aasta tegelenud lisaks lõngade tootmisele ja turustamisele ka kudumise ja heegeldamise mustrite loomisega, pakudes ühte suurimat tasuta mustrite kollektsiooni internetis - tõlgituna 17 keelde. Täna on neil 236 kataloogi ja 8597 mustrit, millest 5735 on tõlgitud Eesti keelde. Nende veebilehelt leiab nii inspiratsiooni, nõuandeid kui ka kvaliteetseid lõngu parima hinnaga. Lisaks on nende kodulehel tasuta õppevideod nii kudumise, heegeldamise kui ka erinevate tehnikate kohta. Tegemist on kahtlemata populaarseima lõngabrändiga Eestis. Üksnes Dropsi alpaka- ja polüamiidisegu lõngu müüvad e-pood nagu Wool and Woollen, Lõngastuudio, Safal Fashion, Sallike, Roheline Vihmavari (müüvad lisaks ka Sandnes Garn lõngu) ning Musta ja Roosa. DROPS lõngad on tähistatud ÖKO-TEX® 100 sertifikaadiga, mis tähendab, et tooraine valikul ja tootmisprotsessis on jälgitud ohtlike kemikaalide kasutamisele seatud tingimusi ja piiranguid [<https://www.garnstudio.com>].

Käsitööjaamast leiab kõik vajaliku kudumiseks, heegeldamiseks, tikkimiseks, pärlitööks, õmblemiseks ja hobikunstiks. Lisaks DROPS lõngadele leiab nende sortimendist alpavillaseid lõngu ka sellistelt brändidelt nagu Rowan, Mirasol, Hjertegarn, Sublime ja Regia [31].

Veebipood OÜ Karnaluks on keskendunud eeskätt kvaliteetsete õmblus- ja käsitöötarvikute maaletoomisele ja hulgimüügile. Tänu erilimelistele tarnijatele Euroopas, Ameerikas, Lähis-Idas ja Aasias, on OÜ Karnaluks suutnud edukalt realiseerida oma strateegiat, ehk pakkuda kaupu turu parima hinna ja kvaliteedi suhtega. Värvikireva ja mitmekesise valiku alpavillaseid lõngasid, ühtlasi ka viltimisheiet leiab sellistelt brändidelt nagu RICO Design, Austermann, Schoeller+Stahl ja Schachenmayr (Saksamaa), Patons (UK), Love Garn, Rowan, Alpaka, Alpaca Gold ja Alize [32].

Yarn lõngade veebipoe eesmärk on olla edasimüüjaks lõngadele, mis on soodsa hinna juures kvaliteetsed ning erineda teistest sortimendi poolest. Lisaks on võimalik osta käsitööraamatuid ning – komplekte. E-kauplusest leiab alpavillaseid lõngu Saksamaa, Itaalia ja Prantsusmaa brändidelt, näiteks Laines du Nord, Mayflower, Maxifil, Viking Garn ja Scheepjes [33].

OÜ Liann-Lõngad on väga laia sortimendiga käsitöölõngade ja kudumise abivahendite (Pony, Addi, Knitpro) maaletooja ning jae- ja hulgimüüja Eestis. Lisaks müüakse ka nõõbikomplekte tootjalt Jesse James. Nende e-poes on müügil alpavillaseid lõngu brändidelt Laines du Nord, Concept by Katia, Setal, Lana Gatto, Katia, Alize, Bergere ning Alvita [34].

Handricraftworld e-poes leiab laias valikus lõnga, nõõpe ja käsitöötarvikuid. Lisaks on kliendil võimalus soetada toote kudumiseks vajalik tööjuhend. Valikus on ka natuke käsitööd ning soovi korral täidetakse eritellimusi. Muuhulgas on e-poes müügil ka alpavillased lõngad sellistelt brändidelt nagu Novita, Vita Alpaca ja ICE Norsk [35]

Pulloveri e-poes on müügil tuntud tootjate (Rowan, Laines du Nord, Concept by Katia, Regia Premium, Katia, Alvita, Lana Gatto naturaalsed lõngad, käsitöövahendid (nt loodusliku vahaga poleeritud bambusvardad ja –heegelnõelad) ja erinevad hobikaubad [36].

Veebikauplus Koo ja Loo tegeleb mitmesuguste kudumis-, õmblemis-, heegeldamis-, tikkimis-, viltimis- ja ehetevalmistamistarvikute, hobikauba, raamatute ning käsitöö müügiga. Nende koduleht on hästi organiseeritud ning kliendisõbralik – kõik vajalik on lihtsalt ja kiirelt leitav. Lisaks Drops lõngadele, leidub seal alpavillaseid lõngu sellistelt brändidelt nagu Rowan ja Schachenmayr [37].

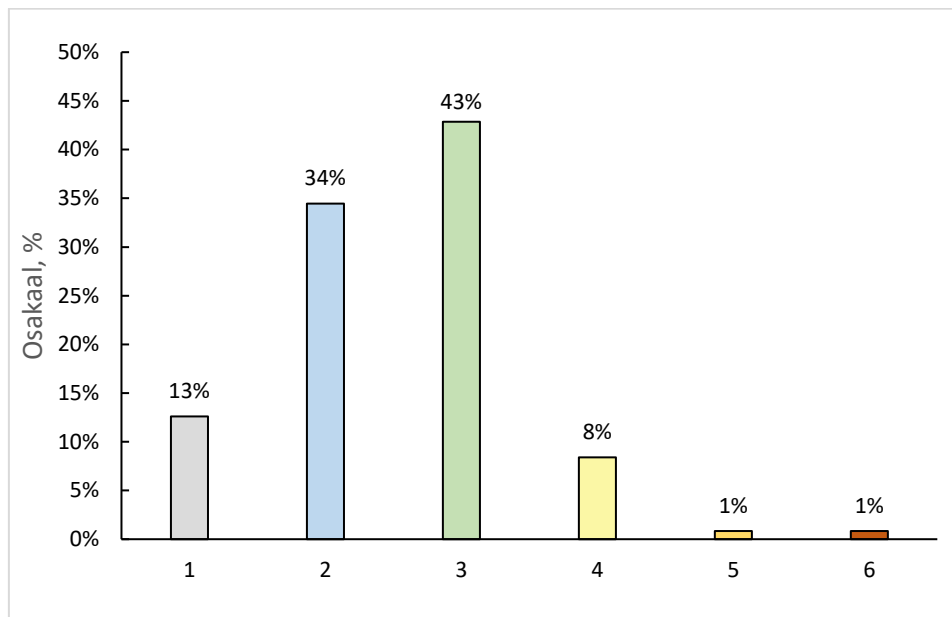
3.2 Lõngakoostise analüüs

Lisa 1 tabelitesse 13-17 on komponentide arvu ja koostisosade järgi sorteeritult koondatud 119 Eesti e-kaubanduses müügil olevat alpavillast lõnga. Tabelites on toodud lõngade nimed, 50 g lõngakoguse hinnad, koostiosad koos sisaldusega ning keskmised väärtused.

Joonis 12 kujutab alpavillaste lõngade jaotust komponentide arvu järgi. E-turul on müügil 1-6 komponentseid lõngu. Suurima osa, natuke üle kolmveerandi ehk 77,3% (92 tk) moodustavad 2- ja 3-

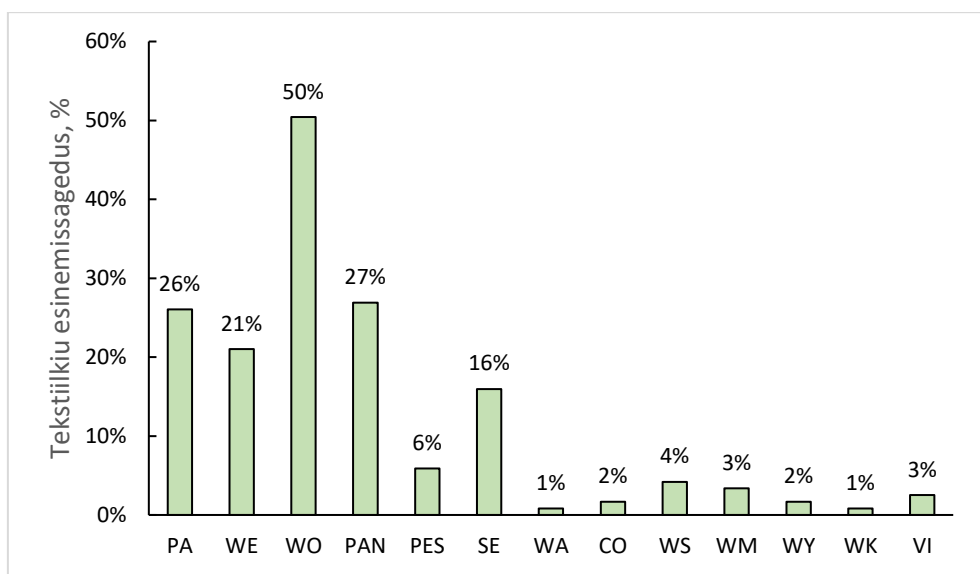
komponentsed lõngad, mida leitud vastavalt 42,9% (51 tk) ning 34,5% (41 tk). Oluliselt vähem, kuid natuke üle kümnendiku ehk 12,6% (15 tk) on 100% alpakavillaseid lõngu ning 8,4% (10 tk) 4-komponentseid lõngu. 5- ja 6-komponentsed alpakavillased lõngad on Eesti e-turul haruldane nähtus – neid kumbagi esines vaid 1.

Alpakalõnga on võimalik poest soetada 4-7€ (keskmine hind 5,2€) eest. Seejuures on kõige kallimad 4-komponentsed lõngad, eriti need segud, kus kasutati luksuskiude (siid, kašmiir, mohäär, kaamelivill). Ühekomponentsete ehk 100% alpakavillaste lõngade keskmine hind on 5,7€. Kõige kallim (10€) on Eesti väikefarmeri Puura talu poolkäsitööna valminud naturaalne loodusvalge alpakalõng ning odavam (2€) suurettevõtte DROPS Design Puna lõng, mis on kedratud Peruu alpaka villast.



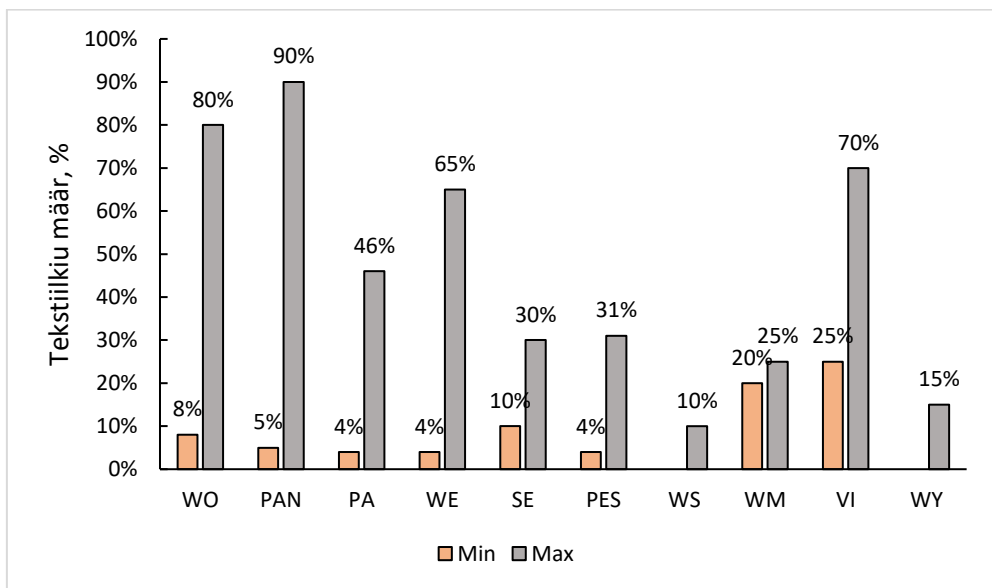
Joonis 12. Alpakalõngade jaotus komponentide arvu järgi

Tekstiilkiudude esinemissagedust alpakalõngades kujutab joonis 13. Selle järgi kuulub lambavill pea poolte lõngade koosseisu. Kuna ka meriinovilla näol on samuti tegemist lambavillaga, siis esineb lambavilla umbes 70% alpakalõnga koostises. Luksuskiududest on populaarseim siid, mida esineb umbes 16% lõngade koosseisus. Oluliselt vähem kasutatakse alpakalõngades kašmiiri ja mohääri, ning angoora-, jaki- ja kaamelivilla esines kõiki ainult ühes lõngas. Sünteeksiududest esines alpakalõngades enim polüakrüülnitriili ja polüamiidi.



Joonis 13. Tekstiilkiudude sisaldus alpikalõngades

Tekstiilkiudude sisalduse määrad on toodud joonisel 14. Enim varieeruvad alpikalõngades polüakrüülnitriili (5-90%), lambavilla (8-80%) ja meriino (4-65%) sisaldused. Üle 50% lisatakse alpavilla hulka veel ka puuvilla ning viskoosi. Polüamiidi, siidi, polüestri, mohääri ja teise väärivillade sisaldus jääb alla 50%.

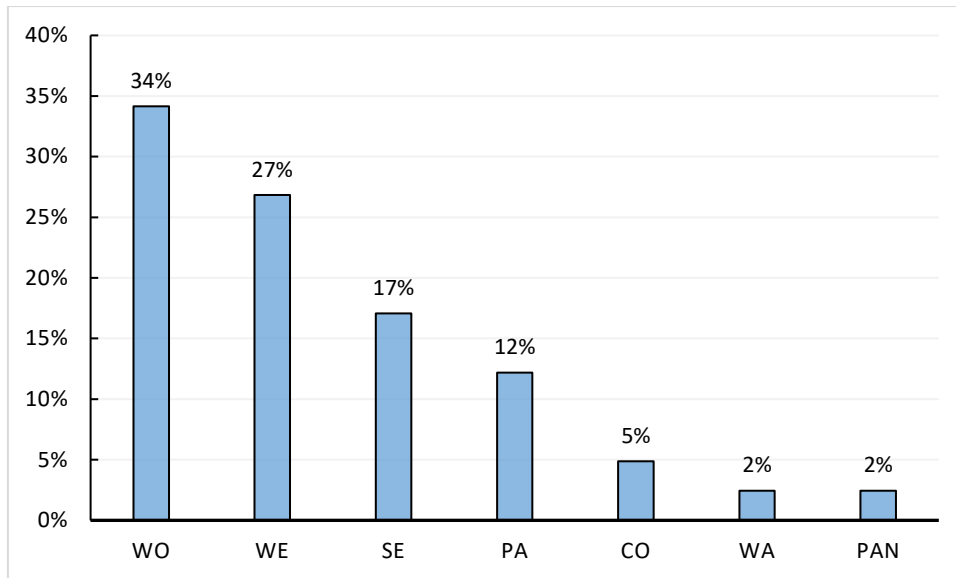


Joonis 14. Tekstiilkiudude määrad alpikalõngades

3.2.1 Kahekomponentsed lõngad

Kahekomponentsetes alpikalõngades esinevad tekstiilkiud on toodud joonisel 15. Lõngasid on kokku 41, mis moodustab 34,5% kõigist lõngadest (119-st) ning need on lõngasegud alpavillast ja lambavillast, meriinost, polüamiidist, polüakrüülnitriilist, siidist, puuvillast või angooravillast. Umbes kolmandik lõngadest (14 tk) on alpaka- ja lambavilla segulõngad keskmise hinnaga 4€/50g, mille

levinuim vahekord on vastavalt 35/65. Alpaka-meriino segulõngades, mida on samuti peaaegu kolmandik, on see määr vastavalt 50/50 ning keskmine 50g hind 1€ võrra kallim. Kõige kallimad on siidi ja polüamiidi sisaldusega lõngad, seejuures on levinuim alpavilla ja siidi vahekord 70/30. Polüamiidi sisaldus kahekomponentsetes lõngades jääb vahemikku 4-46%.



Joonis 15. 2-komponentsed alpaka lõngad

3.2.2 Kolmekomponentsed lõngad

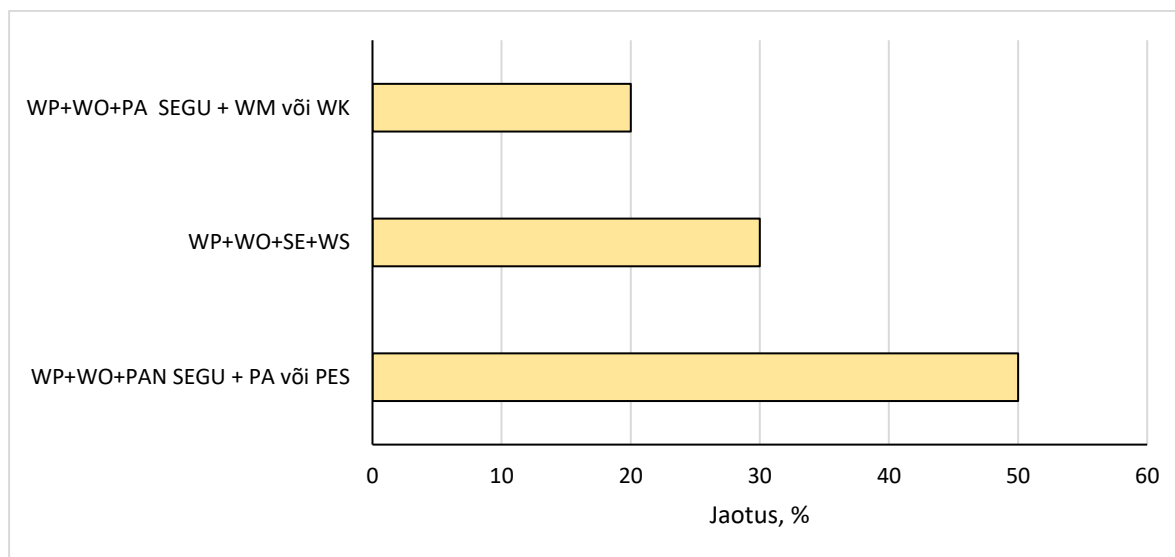
Kolmekomponentseid lõngu oli alpaka lõngade seas enim, st 51 tk (119-st) ehk 42,9% kõigist lõngadest ning need saab tinglikult jaotada vastavalt joonisel 16 kujutatule. Kolmandik neist sisaldavad alpavillale lisaks lambavilla, 13% aga hoopis meriinot. PAN-kiudu esineb 23% segudest ning polüamiidi 18% alpaka lõngades. Kõige odavama keskmise hinnaga on WO ja PAN alpaka lõngad (3€/50g), kus lambavilla sisaldus varieerub 10-75% (keskmine 41%) ning kõige kallimad on alpavillale lisaks süntees- või luksuskiude sisaldavad lõngasegud (7,8€/50g).



Joonis 16. 3-komponentsete alpaka lõngade jaotus

3.2.3 Neljakomponentsed lõngad

Neljakomponentseid lõngu oli üksnes 8,4% (10 tk), mille saab jaotada vastavalt joonisel 17 kujutatule. Kõigi 4-komponentsete lõngade koostises on peale alpakavilla ka lambavill ning pooled neist sisaldavad kolmanda komponendina polüakrüülnitriili. Kõige kallimad ehk keskmiselt 8,9€/50g on siidi ja kašmiiri sisaldavad lõngad, seejuures on sisaldab segu üksnes 10% alpakavilla, 25-28% siidi, 10% kašmiiri ning tervelt 52-55% . Odavamad ehk keskmiselt 5,70€/50g sisaldavad alpaka-ja lambavilla kõrval kahte sünteeksiudu.



Joonis 17. 4-komponentsete lõngade jaotus

4. TEKSTIILMATERJALIDE OMADUSED JA KATSEMEETODID

Tekstiilkangaid toodetakse mitmesuguseks otstarbeks ning erinevate eksploatatsioonomaduste ja -nõudmiste rahuldamiseks. Materjali keemilisest ja füüsikalistest omadustest sõltuvad valmistatava toote omadused ja käitumine kasutamisel või kandmisel. Kangaste testimine on vajalik nii toote kvaliteedi ja nõuetele vastavuse hindamiseks kui ka regulatsioonidele vastavuse kontrollimiseks. Tekstiilkatsetustega tuvastatakse erinevate protsesside mõju tootele ning määratakse tekstiilmaterjalide tehnoloogilised töötlemistingimused. Näiteks on võimalik määrata materjali KNT-l selle temperatuuritaluvus ja kokkumine. Tekstiilmaterjalilt oodatakse vastupidavust (omaduste säilitamist) tavatemperatuuridel.

Sageli on vaja hinnata ka tekstiiltoodete erinevaid tugevusomadusi ning hinnata nende käitumist venitamisel, painutamisel, rebimisel, hõõrumisel, kortsutamisel, väänamisel jne mitmesuguseid tugevusnäitajaid kasutades. Enamasti määratakse tekstiilmaterjalide tõmbetugevust. Oluline omadus tekstiilmaterjali tootmisprotsessi ja kasutuse seisukohast on ka elastus [7] [38].

Tekstiilide katsestandardid kirjeldavad tekstiiltoodete teatavate omaduste määramist. Katsestandardiga määratakse katsetingimused ja -seadmed, protseduurikäik, vajalike katsete arv ning katsetulemuste raporteerimise viis. Sõltuvalt tekstiiltoote kasutusotstarbest, kehtestatakse kvaliteedistandarditega selle arväärtused. Kasutusel on kolm standardite tasandit:

- Rahvusvaheline tasand, nt ISO standardid;
- Regionaalne tasand, nt EURO standardid: EN ISO;
- Rahvuslik standard (nt riiklikud standardid, nt Eesti Vabariigi standard on EVS EN ISO).

Tekstiilmaterjalide niiskumisavuse määr sõltub õhu niiskusest ja temperatuurist. Kuna niiskussisaldus mõjutab kiuomadusi (nt venivus, tugevus, mass) on oluline märkida katsetingimused [7] [38]. Seetõttu on katsestandardites määratud katsetustele ühesugused laboritingimused ehk normaalkliima (ISO 139):

- Õhu temperatuur: $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$
- Suhteline õhuniiskus: $(65 \pm 4)\%$

4.1 Lõnga põhikarakteristikute määramine

Lõngaks nimetatakse küllaldase kindla või piiratud pikkusega, piisavalt jämedatest, painduvatest, tugevatest ja karedadest kiududest ketrusprotsessi käigus kokkukeerutatud niite. Ketramise operatsioonide järjestus ja sisu sõltuvad kiu liigist ja kedratavast lõngast. Keeruline on kedrata peenikesi, lühikesi ja siledaid kiude [39] [40].

Kindla pikkusega kiudude kokkukeerutamise teel ühendatud ehk ketramise saadust või ühe pika kiuna esinevat materjali, mida saab kasutada silmkoeesemete jm kudumiseks, tikkimiseks jne, nimetatakse

lõngaks. Tekstiilkiudude, niitide ja lõngade peenus määrab suuresti nende kasutusotstarbe (sh toote omadused) ning turuväärtuse. Kiudude peenus mõjutab näiteks kanga jäikust ja drapeeruvust, toote soojapidavust ja hingavust, ning on oluline parameeter lõnga ketramisel. Peenusest lähtuvalt sorteeritakse villakiud erinevatesse klassidesse ning vastavalt sellele kedratakse neist kas kamm- või kraaslõnga. Peenetest kiududest saadav kammlõng ja sellest omakorda kootud kangas on peen, pehme ja painduvam. Jämedatest kiududest toodetud kraaslõng on tugevam, karmim ja jäigem. Üldiselt mida peenemad kiud ja lõngad, seda kvaliteetsemad ning kallimad need on [7] [41].

4.1.1 Lõnga peenus

Joontihedust kasutatakse lõnga ebaühtlase ristlõikepinna tõttu peenuse väljendamiseks ning see on defineeritud kui lõnga mass pikkusühiku kohta. Joontiheduse arvutamiseks kasutatakse süsteeme, mille ühikud on denier, tex ja meetriline number. Mida suurem on joontiheduse väärtus, seda jämedam on lõng. Tex on 1000 m kiu/lõnga mass grammides. Näiteks 7 tex (või 70 dtex) tähendab, et 1000 m kiu/lõnga mass on 7 g. Denier on defineeritud kui 9000 m kiu/lõnga mass grammides. Näiteks joontihedus 4 denier tähendab, et 9000 m kiu/lõnga mass on 4 g. Meetrilise numbriga (Nm) väljendatakse sellise kiu/lõnga pikkust meetrites, mille mass on 1 g. Lõngale märgitakse korrutatud lõnga number murruna, seejuures on lugejaks üksiklõnga meetriline number ja nimetajaks kokkukorrutatud lõngade arv. Näiteks kui lõngale on märgitud 11/3 tähendab see, et 1 meetri pikkusega kolmekordse lõnga mass on 11 g. Mida peenem lõng, seda suurem meetriline number [7] [40].

Joontiheduse määramise meetod

Lõngade joontihedus määratakse kui pikkusühiku mass.

Katsemeetod:

EVS-EN ISO 2060:2000 Tekstiil. Lõng pakmelt. Joontiheduse (massi pikkusühiku kohta) määramine vihimeetodil (ingl k *Textiles – Yarn from packages – Determination of linear density (mass per unit length) by the skein method*).

Kasutus- ja käsitusala:

See standard määrab kindlaks meetodi kõigi pakendatud lõngade tüüpide joontiheduse määramiseks, välja arvatud lõng, mille kohta on eraldi rahvusvahelised standardid. Standard hõlmab seitset võimalikku menetlust, mis baseeruvad konditsioneerimise eri meetoditel. Kuni eri menetlused ei anna samu väärtusi, on tähtis, et kasutatava menetlusega oleksid nõus kõik katsetulemustest huvitatud pooled. Enne katsetuste sooritamist on vajalik katsekehade konditsioneerimine ettenähtud aja jooksul normaaltingimustel [42] [46].

Töö käik:

Valmistada haspelmasinal igalt poolilt lõngavihid pikkusega:

- 200 m - niitidest joontihedusega alla 12,5 tex;
- 100 m – niitidest joontihedusega 12,5-100 tex;
- 10 m – lõngast joontihedusega üle 100 tex.

Määrata tehnilisel kaalul lõngavihtide mass. Leida kõigi kaalumiste aritmeetiline keskmine ning arvutada niidi või lõnga joontihedus valemist:

$$T_{tc} = \frac{m_c \cdot 10^3}{L}$$

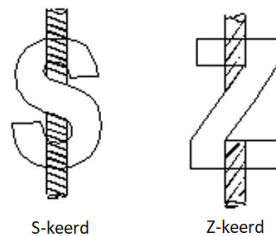
kus

m_c on konditsioneeritud lõngavihi mass (g);

L on lõngavihi pikkus (m).

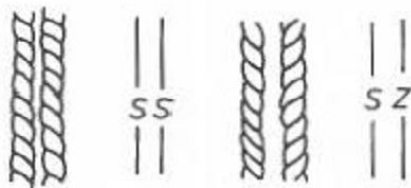
4.1.2 Keerdumus

Lõngade tootmisel ühendatakse staapelkiud või filamendid keerutamisel ümber oma pikitelje. Kiudude tihedusest ja lõnga keerust oleneb lõnga tugevus. Eristatakse kahte tüüpi keerdu suunda: vasakpoolne ehk vastupäeva suund ehk S-keerd ja parempoolne ehk päripäeva suund ehk Z-keerd. Joonisel 18 on kujutatud lõngadele antavat kahte tüüpi S- ja Z-suunalist keerdu.



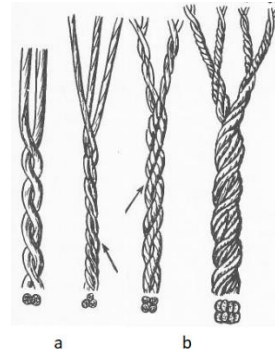
Joonis 18. Lõngadele antav keerd on kas S- või Z-suunaline

Lõngad võivad olla ühekordsed, kordistatud või korrutatud. Enamus lõngu on ühekordsed või korrutatud. Ühekordne lõng on pikisuunas jagunematu ning nende paralleelsel ühendamisel moodustub komplekslõng või köisik. Nagu nähtub jooniselt 19 moodustuvad kordistatud lõngad kahe või enama lõnga ühendamisel ilma keeruta.



Joonis 19. Kordistatud lõngad

Korrutatud lõnga moodustavad vähemalt kaks lõnga, mis on omavahel ühendatud kokkukeerutamise teel. Lihtkorrutatud lõnga (joonis 20a) moodustavad kaks või enam omavahel kokkukeerutatud lõnga. Liitkorrutatud lõng (joonis 20b) moodustub korrutatud lõngade kokkukeerutamisel. Komplekslõng moodustub ühe või mitme kordistamisoperatsiooniga kokkukeerutatud kahest või enamast lõngast, millest vähemalt üks on kordistatud lõng [41][43].



Joonis 20. Liht- ja liitkorrutatud lõngad

Keerdumus iseloomustab lõngade kokkukeerutatust ning näitab keerdude arvu lõngalõigul pikkusega 1 m (keerdu/m). Mida suurem keerdumus, seda suurem tõmbetugevus. Lõngale märgitud $T = S440$ tähendab, et tegemist on S-keeruga lõngaga, millel on 440 keerdu ühel meetril.

Lauge keeruga lõngaks nimetatakse lõnga, millel on kuni 200 keerdu/m. Selline lõng on pehme ning kergesti karvastatav. Kasutatakse üldiselt koelõngana ja trikoosesemete tootmisel. Normaalse keeruga lõngadel on 600 keerdu/m. Tegemist on väga vastupidavate ja universaalsete lõngadega, mida saab kangaste valmistamisel kasutada nii lõime kui ka koena. Enim levinud õmblusniitidel on selline keerdumus. Tugeva keeruga lõngadel on 1200 keerdu/m. Sellised lõngad on väga tugevad ja teralised, sobides lõimeks. Ülisuure keeruga lõngadel on kuni 2500 keerdu/m. Sellised lõngad on väga teralised ja tugevad, tihedad, karmimad, vetrvuvad, suurema erikaalu ning väiksema läbimõõduga. Märjalt tõmbub tugevalt kokku [44].

Keerdumuse määramise meetod

Katsemeetod:

EVS-EN ISO 2061:2015 Tekstiil – Lõngade keerdumuse määramine loendusmeetodil (ingl k *Textiles – Determination of twist in yarns – Direct counting method*).

Standard määrab kindlaks meetodi lõngade keerdumuse suuna, arvu pikkusühiku kohta ning lahtikeerdunud lõnga pikkuse muutuse määramiseks loendusmeetodil.

Kasutus- ja käsitlusala:

Standard on rakendatav ühekordse, kordistatud ja korrutatud lõngade keerdumuse määramiseks.

Katseprotseduur sõltub lõngatüübist. Keerdumuse määramine toimub järgnevalt:

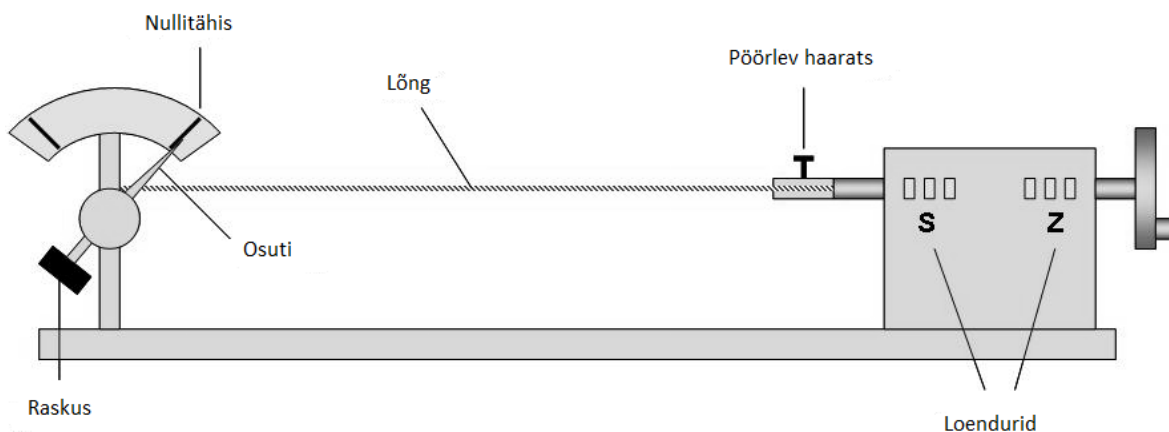
- a) Lihkorrutatud lõngadel: lihtkorrutatud lõnga keerdumus ja ühekordse lõnga keerdumus;

- b) Liitkorutatud lõngad: liitkorutatud lõnga keerdumus, lihtkorutatud lõnga keerdumus, ühekordse lõnga keerdumus.

Kindla pikkusega lõngalt eemaldatakse keerd, keerutades katsekeha ühte otsa teise suhtes kuni lõnga moodustavad ühekordsed või lihtkorutatud lõngad asetsevad paralleelselt. Lõnga lahtikeerutamiseks kulunud keerdude arvu kasutatakse lõnga keerdude arvu määramiseks pikkusühiku kohta [46].

Antud standardi kohaselt ei avalda niiskussisaldus lõngade keerdumusele otsest mõju, mistõttu pole lõngade konditsioneerimine keerdumuse määramiseks üldiselt vajalik. Küll aga on oluline, et katsetused viidaks läbi võrdsetel tingimustel.

Standardi järgi on vajalik (liit)korutatud lõnga keskmise keerdumuse määramiseks katsetada 20 lõngalõiku. Katsekehade algpikkuseks valitakse $250 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ juhul, kui nominaalne keerdumus on >1250 keerdu/m, ning $500 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ juhul, kui nominaalne keerdumus on <1250 keerdu/m. Keerdumuse määramiseks kasutatakse keeruloendurit, mida kujutab skeem joonisel 21. Keeruloenduri põhilisteks osadeks on kaks klambrit, millest ainult üks pöörleb (teine on liikumatu). Klambrite vahele asetatakse vastavalt lõnga nominaalsele keerdumusele kas 250 mm või 500 mm pikkusega lõng.



Joonis 21. Keeruloenduri skeem [45]

Esmalt tuvastatakse lõnga vaatlemisel keeru suund ning määratakse masinal lahtikeerutamise suund. Keeru suund on lahtikeerdumissuunale vastupidine. Seejärel määratakse iga lõnga nominaalne keerumus (keerdu/m). Nominaalse keerdumuse määramiseks piisab katsekehast pikkusega 100 mm. Klambrite vaheks määratakse katsekeha pikkus ehk täpselt 100 mm, misjärel katsekeha kinnitatakse klambrite vahele ning alustatakse lahtikeerutamist. Kui lõng on lahtikeerdunud, raporteeritakse ekraanilt keerdude arv. Kui nominaalse keerdumuse väärtus on >1250 keerdu/m, võetakse katsekeha pikkuseks 250 mm ning kui see on <1250 keerdu/m, siis 500 mm. Katsete läbiviimiseks reguleeritakse klambrite kaugust vastavalt katsekeha pikkusele [45].

Lõngalõigu keerdumus avaldub valemist:

$$t_x = \frac{1000x}{l}$$

kus

t_x - keerdude arv meetri kohta (keerdumus);

l - lõngalõigu algpikkus;

x - lõngalõigu keerdude arv.

Lõnga keskmine keerdumus avaldub valemist:

$$\bar{t}_x = \frac{\sum t_x}{n}$$

kus

\bar{t}_x - lõnga keskmine keerdumus

$\sum t_x$ - lõngalõikude keerdumuste summa

n - lõngalõikude arv

4.1.3 Katkekoormus ja -venivus

Tekstiilmaterjalide venivus (ja elastsus) on toodete tootmisprotsessi ja kasutusotstarbe seisukohalt tähtis omadus. Kiudude elastsusest ja venivusest sõltub kangaste ja toodete vormipüsivus. Kiudude tugevusomadused väljenduvad nende käitumisel tõmbel. Lisaks tõmbejõududele võivad kiududele mõju avaldada veel teisedki mehaanilised jõud, nt painde-, surve-, väände- ja nihkejõud [7] [40].

Sama lõnga erinevast kohast lõigatud katsekehad (lõngalõigud) võivad olla väga varieeruva tugevuse ja venivusega. Eriti staapelkiududest lõnga puhul, mille ristlõikepindala pole konstatne. Mida suurem on katsekehade arv, seda täpsemini on võimalik lõnga tugevusomadusi määrata. [47].

Tõmbekatsetustega määratakse materjali võime osutada välisjõududele vastupanu. Kui kiule (lõngale) rakendada teljesihine koormus (tõmbepinge) ehk tõmbejõud, siis on kiu reaktsiooniks venimine. Mõõduka pingega rakendamisel toimub kiumolekuli ahelas aatomite nihkumine ning kiud (lõng) venib veidi, kuid taastab peale koormuse lakkamist esialgse pikkuse (elastne deformatsioon). Sellisel juhul on tekkinud deformatsioon lineaarselt proportsionaalne kiule (lõngale) rakendatud pingega. Mida suurem on villakiudude orienteerituse aste piki lõnga telge, seda vastupidavam on lõng rakendatavale koormusele ning tõmbele. Tõmbemoodul sõltub kiudude keemilisest ehitusest ning makromolekulide orientatsiooni ning korrastatuse astmest. Tõmbemooduli suurendamiseks venitatakse nii kiude kui ka lõngu (ka heiet) ketrusprotsessi käigus, et tagada kiudude ja makromolekulide võimalikult suur orientatsiooniaste piki telge [40] [47].

Vill on elastomeersete omadustega loodulik polümeer, mille takerdunud ja keerdunud ahelad venitamisel orienteeruvad teataval määral üksteise kõrvale ning pinge eemaldamisel pöörduvad tagasi

madalama energiatasemega keerdunud olekusse. Ristsidemed elastomeeris hoiavad ära makromolekulide ahelate pöördumatu liikumise üksteise suhtes. Villavalgus on makromolekulide ahelad seotud tsüsteiniinisiidemetega, mistõttu taastab vill mõõdukal venitamisel esialgsed mõõtmed. Elastne deformatsioon sõltub ka hüdrofiilsete kiudude ja lõngade niiskusesisaldusest. Vill on looduslik säbruline kiud, mistõttu on villased kangad raskesti kortsuvad ning taluvad suhteliselt kõrgeid deformatsioone [40].

Pinge jätkumisel ning pideval kasvamisel tekivad materjalis sisepinged, st toimub aatomite või makromolekulide segmentide pöördumatu liikumine (üle elastuspiiri) üksteise suhtes. Mingil koormuse väärtusel toimub kiu (lõnga) katkemine selle nõrgimast kohast. Taoline liikumine on pöördumatu, mistõttu kiu (lõnga) algpikkus peale koormuse eemaldamist ei taastu (plastne deformatsioon). Materjali purustamisega saadakse tugevuse pooltsükli katkekarakteristikud, mis iseloomustavad selle mehaaniliste omaduste piirväärtusi [40] [47].

Tõmbe- ehk katketugevuseks nimetatakse lõnga võimet osutada vastupanu tõmbele kuni katkemiseni. Tõmbe- ehk katkekoormus (P_t , cN) on lõngale katkemise hetkel mõjuv koormus. See on tõmbejõud, mille mõjul lõng katkeb. Katkekoormus määratakse tõmbemasinaskaalal vahetult katkemismomendil ning on põhiline kriteerium lõnga mehaaniliste omaduste hindamisel, ühtlasi ka kvaliteedi standardnäitaja. Suhteline katkekoormus on lõnga purustava koormuse (jõu) ja joontiheduse suhe. Eritõmbetugevus ehk -koormus on lõngale mõjuv jõud ristlõikepinna kohta. Kuna lõngade ristlõike pindala pole üheselt mõõdetav, kasutatakse selle asemel joontihedust ning suhteline katkekoormus avaldub jõu ja joontiheduse (mass/pikkusühik) suhtena. Tähistatakse P_l , ühikuks on cN/tex.

Suhteline katkekoormus P_l (cN/tex) on arvutatav valemist:

$$P_l = \frac{P_t}{T}$$

kus

P_t (cN) on tõmbe- ehk katkekoormus;

T (tex) on lõnga joontihedus.

Katkepikenemine avaldub lõpp- ja algpikkuse muuduna ning venivus (deformatsioon) piknemismuudu ja algpikkuse suhtena. Katkevenivus määratakse samaaegselt tõmbetugevuse määramisega ning väljendatakse % esialgse pikkuse suhtes. Üldiselt on kiudude venivus on 5-35%. Villakiud on keskmise venivusega, polüamiid kuulub aga eriti venivate kiudude hulka.

Tõmbe- ehk katkevenivus l_t (mm) väljendab lõnga pikkuse muutumist katkemismomendiks ning avaldub valemist:

$$l_t = L_k - L_0$$

kus

L_k (mm) on lõngalõigu pikkus purunemise momendil;

L_0 (mm) on lõngalõigu algpikkus.

Suhteline tõmbe- ehk katkevenivus ε_t (%) on absoluutse tõmbevenivuse ja proovi algpikkuse suhe ning avaldub valemiga:

$$\varepsilon_t = \frac{l_t}{L_0} \cdot 100\%$$

kus

l_t (mm) on absoluutne tõmbevenivus;

L_0 on katsekeha algpikkus (mm).

Standardkatse läbiviimiseks kasutatakse üldiselt konstantse liikumiskiirusega ülemise klambriga tõmbemasinat ehk dünamomeetrit [7] [40] [47].

Katkekoormuse ja -venivuse määramise meetod

Katsemeetod:

EVS-EN ISO 2062:2010 Tekstiil. Lõngad pakmelt. Katkekoormuse ja katkepikenemise määramine tõmbemasinal (ingl k *Textiles – Yarns from packages – Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension (CRE) tester*).

Antud standardis on neli meetodit: A - käsitsimeetod, kus materjalinäidis võetakse otse konditsioneeritud pakenditest; B - automaatne, kus materjalinäidis võetakse otse konditsioneeritud pakenditest; C - käsitsimeetod, kus relakseeritud proovipasmaseid kasutatakse pärast konditsioneerimist; D - käsitsimeetod, kus materjalinäidiseid kasutatakse pärast märgamist.

Põhimõte: Lõnga proovikeha venitatakse katkemiseni, kasutades selleks sobivat mehaanilist seadet, ning registreeritakse katkekoormus ja katkevenivus. Katkekoormus registreeritakse tõmbemasina skaalal vahetult katkemismomendil. Katkevenivus on katsekeha pikkuse muutumine katkemismomendiks [46] [48].

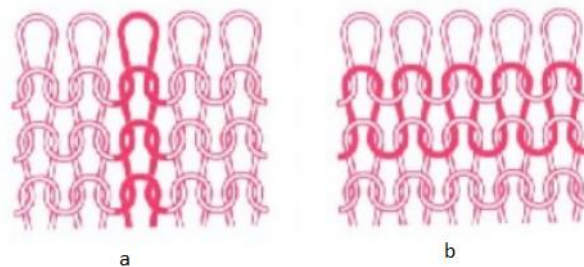
Tõmbetugevuse määramisel on vajalik säbrulise kiu (lõnga) eelkoormamine kiu sirgestumiseni, mistõttu rakendatakse elementaarproovile eelpinge (vastavas programmis) sõltuvalt selle joontihedusest. Lõngalõik pikkusega 500 mm kinnitatatakse pneumaatiliselt spetsiaalsete tõmbahaaratsite vahele nii, et proovi otsadest üks on alumise ning teine ülemise klambri vahel ning läbilõikejoon asetseb klambrite keskjoonel. Tõmbemasina käivitamisel hakkab ülemine klamber liikuma konstantsel kiirusel 500 mm/min suureneva koormusega ning elementaarproovi venitatakse kuni selle katkemiseni. Lõngalõigu katkemisel määratakse koormuste skaalal katkekoormus P_t ja venivuse skaalal katkevenivus l . Teised karakteristikud arvutatakse eeltoodud valemitest. Keskmiste väärtuste leidmiseks tuleks katsetada minimaalselt 20 lõngalõiku. Variatsioonikordaja määramiseks tuleks testida 100 lõngalõiku.

4.2 Tööproovide katsetamine

Tekstiilkangaid kootakse peamiselt kangastelgedel (riie) või kudumismasinatel (trikotaaž). Trikotaaži ehk silmuskudumi struktuuri põhielemendiks on silmus. Silmuskudumit defineeritakse kui ühest või paljudest lõngadest valmistatud tükktoodet (kangast), mis koosneb lõngade moodustatud vastastikku ühendatud silmustest. Silmuskudumismasinate tootlikkus on kangastelgedest ligikaudu 4 korda suurem, seejuures on ka lõngakulu suurem.

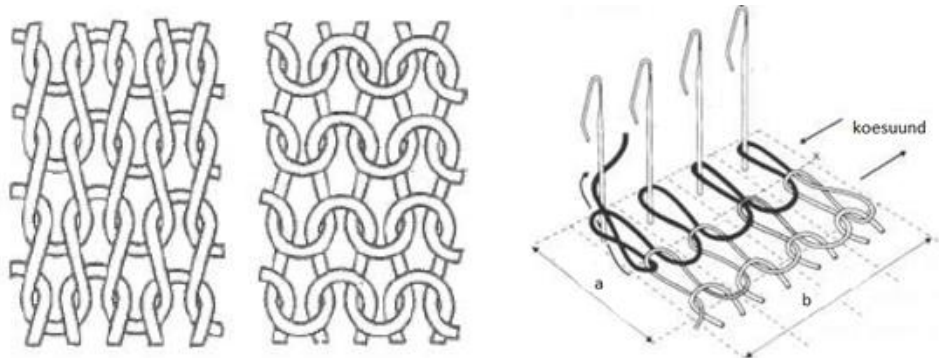
Trikotaažmaterjalid liigitatakse struktuurist lähtuvalt põik- ja lõimkoelisteks. Esimesel juhul kasutatakse kudumiseks kuliirmasinat ning lõng liigub horisontaalselt kanga laiuse ulatuses. Lõimkoelist trikotaaži toodetakse pikikudumismasinal ning lõim moodustub mitmest paralleelsetest vertikaalsuunas silmuseid moodustavatest niitidest ehk niitide süsteemist. Kuliirtrikotaaž oma erinevate tuletistega (plateeritud, žakaar, soonik jne) on mitmekülgsem ja laialdasemalt levinud, eriti väikekudujate hulgas, kuna on universaalne, madalate ülalpidamiskulude, nõuab väikest põrandapinda ning mustrite vahetamine, masinaseadistamine ja opereerimine on suhteliselt kiire ja lihtne. Lisaks on võimalik toota väikseid koguseid ning täita eritellimusi.

Kõige lihtsam silmus koosneb kahest silmuskepikesest, nõela- ja platiinikaarest. Jooniselt 22 nähtub, kuidas üksiksilmused, mis asetsevad kanga või toote laiuse suunas (horisontaalsuunas) moodustavad silmusrea (b) ning pikisuunas (vertikaalsuunas) üksteisele lükitud silmused moodustavad silmusposti (a). Trikotaaži struktuuris on määravaks silmuste mõõtmed, kuju, vastastikune asend ja nendevahelised seosed.



Joonis 22. Silmspost (a) ja silmsrida (b) [52]

Antud tööproovid on kootud kuliirsilesiduses (ingl k *Jersey*) põikkudumismasinal, kus vajalikeks masinaelementideks on nõel, niidijuht, platiinid ja mitmesugused konksud. Kuliirsilesiduseks nimetatakse põikkoelist trikotaaži, kus ühe silmusrea silmused on moodustunud ühest või mõnest lõngast ning moodustavad silmusrea lõppedes järgmise. Kuliirsilesidus on enimkasutatav ühekordne sidus, mis hargneb hõlpsasti ning keerdub lõikaservadest. Nagu jooniselt 23 nähtub, siis kuliirsilesiduse paremal pool on nähtavad silmuskepikesed ning pahemal nõela- ja platiinikaared.



Joonis 23. Kuliirsilesiduse põikkoeline struktuur. Silmuspostid (a) ja silmusread (b). [50] [51]

Silesiduses kootud kangad on venitatavad nii laiusesse (piki silmusridu) kui ka pikkusesse (piki silmusposte). Venivus laiusesse (koesuunas) on umbes 2x suurem. Kuliirtrikotaažist tehtud rõivad (pluusid, püksid, kudumid) on konstrueeritud selliselt, et need veniks minimaalselt keha, käte ja jalgade pikkuse suunas ning maksimaalselt laiusesse ehk ümber keha, käte ja jalgade. Silmuskootud kangastest valmistatud rõivad on seetõttu väga mugavad, järgides kehakuju. Füüsilistest ja mehaaniliselt omadustest tuuakse trikotaažtoodete eelistena välja dimensionaalset stabiilsust (vormipüsivus, elastsus), suurepärast vastupidavust venitamisele, kortsumiskindlust (eriti raskemad kudumid) ja kandmismugavust (liikumisvabadus). Rõivad on hea õhuläbilaskvuse (poorsed) ja niiskusimavusega. Silmuskootud toodeteks on näiteks t-särgid, sukad, sokid, aluspesu, sviitrid ja kudumeid ning ujumis-, päevitus- ja spordirõivad.

Trikotaažtoode puudustena tuuakse välja pesemisjärgset mõõtmete vähenemist (kokkumine) või väljavenimist, kiivasust, silmuste purunemist ja toote hargnevust, pillingukalduvust ning nõrgemate kiudude (puuvill, raion, atsetaat, vill) ka vähest hõõrdekindlust ning kangapinna lihtsat kahjustumist kokkupuutel teravate esemestega [49][50][51][52].

4.2.1 Silmustihedus

Silmustihedus on defineeritud kui silmuste arv kanga mingi kindla pindala kohta, üldiselt 1 cm² kohta. Silmuste arvu leidmiseks märgitakse kangale mõõtmete kontrollpaarid või kasutatakse teatud suurusega loendusklaasi (nt 10 x 10 cm) ning loendatakse silmusriidade ja silmuspostide arv. Silmustiheduse saamiseks korrutatakse leitud arvud omavahel.

Silmustiheduse määramise meetod

Katsemeetod:

EVS-EN 14971:2006 Tekstiil. Silmuskoelised materjalid. Silmuste arvu määramine pikkus- ja pindalaühiku kohta (ingl k *Textiles – Knitted fabrics – Determination of number of stitches per unit length and unit area*)

Käsitus- ja kasutusala:

Antud standard määrab meetodi enamuse silmuskoeliste materjalide silmusriidade ja -postide loendamiseks sentimeetri kohta.

Põhimõte: Loendada silmuspostid ja -read, kasutades suurendamiseks ja loendamiseks vajalikke vahendeid, et määrata silmuste arv pikkus- ja pindalaühiku kohta.

Katsekeha konditsioneerimiseks standardtingimustel asetatakse see vähemalt 16 tunniks relakseeritud olekus horisontaalsele pinnale. Eeltestis asetatakse loendusklaas silmuskoelisele kangale nii, et selle kaks serva paiknevad silmuspostidega paralleelselt. Seejärel loendatakse vastava nõelaga silmuspostide arv lähima poole silmuseni. Kui silmuspostide arv ühel sentimeetril on vähemalt 10, siis kasutatakse silmuste arvu määramiseks loendusklaasi (meetod A). Kui silmuspostide arv ühe sentimeetril on vähem kui 10, siis loendatakse silmusposte joonlaua abil (meetod B). Lisaks määratakse pikkusmõõt, mille juures silmuspostide arv on suurem kui 30. Eeltoodut korratakse silmusriidade loendamiseks. Arvutatakse iga tööproovi silmuspostide ja -riidade arv cm-l, nende aritmeetilised keskmised ning silmuste arv ühel ruutsentimeetril [53].

4.2.2 Pindtihedus

Kanga kaalu mõõtmiseks on kaks meetodit: kaal pindalaühiku kohta (GSM) või kaal pikkusühiku kohta. Mõlemad meetodid on rakendatavad nii kangastelgedel kui ka silmuskootud kangaste testimiseks. Antud juhul määratakse kanga kaal pindalaühiku kohta.

Pindtiheduse määramise meetod

Katsemeetod:

EVS-EN 12127:2000 Tekstiil. Kangasmaterjalid. Pindtiheduse määramine väikeproovidest (ingl k *Textiles – Fabrics – Determination of mass per unit area using small samples*)

Käsitlus- ja kasutusala:

Standardis kirjeldatakse konditsioneeritud väikeproovide pindtiheduse määramise meetodeid, mis on rakendatavad nii riide ja trikookanga kui ka kangastelgedel kootud või muul viisil toodetud kangasmaterjalide testimiseks.

Põhimõte:

Materjalinäidis konditsioneeritakse pingevabas olekus, sellest lõigatakse proovid, mis kaalutakse konditsioneeritult ja/või kuivalt ning arvutatakse pindtihedus.

Pindtiheduse leidmiseks tuleb arvutada mass pinnaühiku kohta. Katsekehade väljalõikamisel testitavast kangast peaks vältima voltide ja kortsidega alastid, ultusäärega ning teisi piirkondi, mis ei iseloomusta kangast üldiselt.

Pindtiheduse määramiseks lõigatakse 5 katsekeha kanga võimalikult erinevatest kohtadest. Seejärel mõõdetakse katsekeha kolmest kohast nii koe- kui ka lõimesuunas, arvutatakse nende keskmised ning

katsekehade pindalad. Katsekehad kaalutakse ning arvutatakse nende keskmine kaal. Katsekehade pindtihedus arvutatakse valemist [54]:

$$M = \frac{m \cdot 10000}{A}$$

Kus M – katsekeha pindtihedus, g/m²;
m - konditsioneeritud katsekeha mass, g;
A – katsekeha pindala, m²

4.2.3 Õhuläbilaskvus

Materjalide võimet lasta läbi õhku nimetatakse õhuläbilaskvuseks. Õhku läbilaskev tekstiiltoode võimaldab konstantset õhu- ja gaasivahetust toote sisemise gaasikeskkonna ja atmosfääriõhu vahel. Õhuläbilaskvus sõltub pooride arvust ja suuruselt riides ning riide paksusest. Õhuläbilaskvust iseloomustab õhuläbilaskvustegur, mis näitab 1 m² suuruse materjali pinna läbinud õhu hulka ajaühiku jooksul, kui rõhkude vahe materjali proovi külgedel võrdub 5 mm kõrguse veesamba rõhuga. Õhuläbilaskvus määratakse rõhkude vahe loomisel väliskeskkonna ja kambri vahel. Õhuläbilaskvus sõltub materjali struktuurist (struktuur määrab materjali poorsuse, läbivate pooride arvu ja mõõtmed), lõngade ja niitude struktuurist (siledad või karused) ning tihedusest. Õhuläbilaskvust mõjutab materjali niiskus ning materjali ja keskkonna temperatuur. Trikootažil on võrreldes riidega suurem õhuläbilaskvus.

Õhuläbilaskvusteguri määramise meetod

Katsemeetod:

EVS-EN ISO 9237:2000 Tekstiil. Kangasmaterjalide õhuläbilaskvuse määramine (ingl k *Textiles – Determination of permeability of fabrics to air*).

Käsitlus- ja kasutusala:

Standard kirjeldab meetodit kangaste õhuläbilaskvuse määramiseks ja on rakendatav enamiku kangatüüpide, tööstustehnilise otstarbega kangaste, lausmaterjalide ja tekstiilõmblustoodete puhul, mis on õhku läbilaskvad.

Katsetuse põhimõte: Vastaval seadmel mõõdetakse õhuvooluhulk, mis läbib valitud pindalaga katsekeha teatud aja jooksul etteantud rõhkude vahekorral materjali proovi külgedel. Soovituslikud tingimused katse läbi viimiseks: katsekeha pindala 20 cm², rõhulang 100 Pa rõivamaterjalidel, 200 Pa tööstuslikel tekstiilmaterjalidel [46] [55].

Õhuläbilaskvusteguri mõõtmiseks asetatakse katsekeha seadmele. Näidu stabiliseerumisel seadme ekraanil raporteeritakse vastav näit. Üldiselt mõõdetakse õhu voolukiirused katsekeha kümnest erinevast kohast, vältides detailide ühenduskohti (õmblusi). Seejärel arvutatakse õhuläbilaskvustegurite aritmeetiline keskmine.

4.2.4 Mõõtmete pesemisjärgne muutumine

Kõik tekstiiltooted vajavad peale mingit kasutusaega puhastust või pesemist. Tekstiiltoodete kokkutõmbumiseks nimetatakse materjalide (kanga) pindala vähenemist märgumise, pesemise või kuumniisketöötlemise tulemusena. Nende protsesside käigus vabanevad kiud ja lõngad ketramisel, kudumisel ja viimistlemisel tekkinud pingetest ning kiud paisuvad, mille tulemusena lõngade ristlõikepind suureneb. Kokkuminekul kangastes võib eristada kokkuminekut märgumisel ning kuivamisel. Kokkuminekut kuivamisel on suurem, moodustades 50-60% üldisest kokkuminekust. Kokkuminekut mõjutab toote vormipüsivust. Toodete vormipüsivuse suurendamiseks lisatakse kiusegusse väiksema hüdrofiilsusega kiude, vähendatakse kiudude hüdrofiilsust eritöötluusega või dekateeritakse materjale. Kokkuminekut võib olla positiivne või negatiivne. Positiivsel kokkuminekul materjalide joonmõõtmed vähenevad, negatiivsel suurenevad [38].

Tekstiilmaterjali kokkuminekut (%) on avaldatav valemist:

$$U = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \cdot 100 = \left(1 - \frac{L_2}{L_1}\right)$$

kus

L_1 on materjali pikkus või laius enne töötlemist, mm;

L_2 on materjali pikkus või laius pärast töötlemist, mm.

Kokkumineku määramise meetod

Kokkumineku määramiseks kasutatav meetod peab olema võimalikult sarnane eksploatatsiooni tingimustele.

Katsemeetod:

EVS-EN ISO 5077:2008 Tekstiil. Mõõtmete pesemis- ja kuivatusjärgse muutuse määramine (ingl k *Textiles – Determination of dimensional change in washing and drying*).

Käsitlus- ja kasutusala:

Standard määrab kindlaks riide, trikookanga, rõivaste ja muude tekstiiltoodete mõõtmete muutuse määramise meetodi nende allutamisel ettenähtud pesemis- ja kuivatustoimingute asjakohasele kombinatsioonile.

Põhimõte:

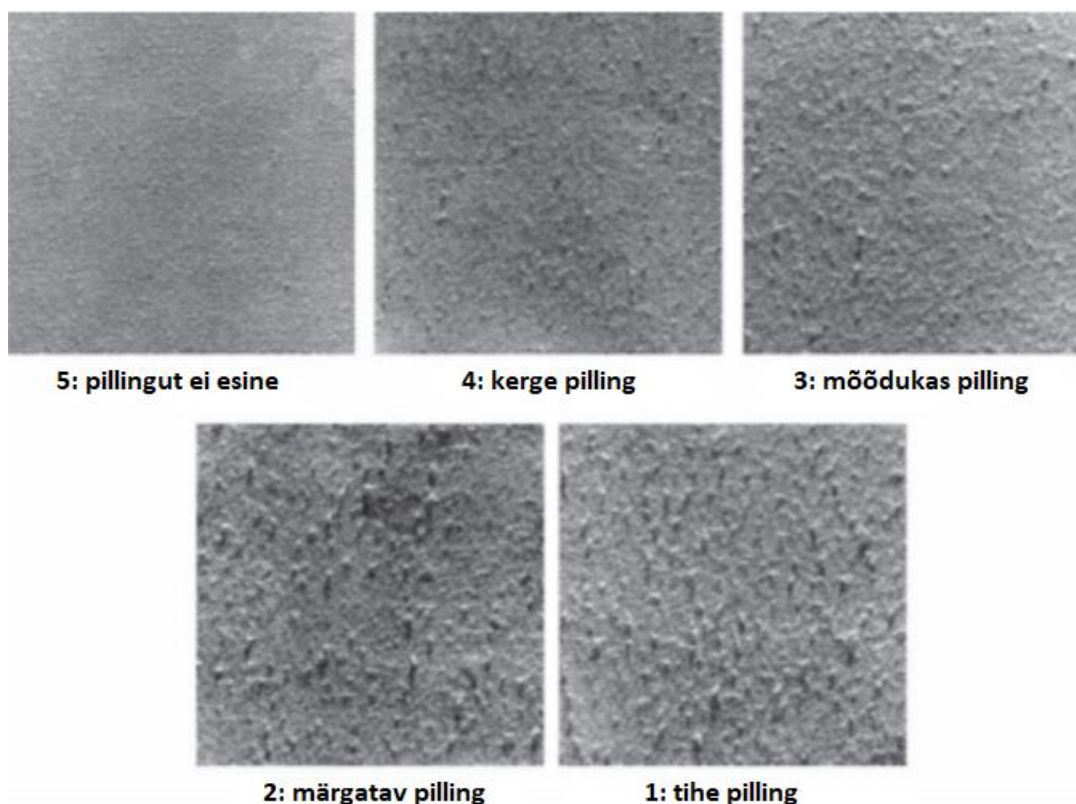
Proov konditsioneeritakse ettenähtud normaalkliimas, sellele märgitakse kontrollmärke paarid ja mõõdetakse. Pärast proovi pesemist vastavalt standardis ISO 6330:2012 (Tekstiil – Koduse pesemise ja kuivatamise menetlused tekstiili testimisel) sätestatud menetlusele ning kuivatamist, konditsioneerimist ja proovi uuesti mõõtmist arvutatakse mõõtmete muutus [46].

Võimalusel katsetatakse igast tekstiilmaterjalist 3 katsekeha. Kui materjali katsetamiseks napib, siis piisab ka 1-2 katsekehast [56].

4.2.5 Pillingukalduvus

Pilling on kiudude liikumisega, kiudude väljaulatumisega kangapinnale või kangast väljalibisemisega seotud nähtus, mis tavaliselt on põhjustatud materjalipinna mehaanilisest hõõrumisest selle kandmisel või kasutamisel. Pillingu moodustumisel täheldatakse nelja faasi: materjali pinna kahunemine (karustumine), kiudude takerdumine (kiualged), kiutopi moodustumine ja suurenemine, ärakulumine. Rõivaeseme karustumine ja pillingu ilmnemine võivad muuta toote esteetilist välimust sedavõrd, et see pole enam tarbijale vastuvõetav ning muutub kandmiskõlbmatuks. Pilling esineb tavaliselt staapelkiududest valmistatud toodetel, eriti villaste ja polüakrüülnitriili sisaldavate trikootodete puhul. Lõnga keerdumuse suurendamisega on võimalik pillingut vähendada [38].

Pillingukalduvuseks nimetatakse tekstiilmaterjali omadust (kalduvust) moodustada selle pinnale kinnituvaid takerdunud kiudude sõlmekehi. Kanga pillingukindluse määramiseks laborikatsete abil jäljendatakse rõivakandmist katseseadmetega. Pillingu hindamise standardpildid on toodud joonisel 24 ning visuaalsed hinnangukriteeriumid tabelis 5 [38].



Joonis 24. Pillingu standardpildid [38]

Tabel 5. Pillingu visuaalse hindamise kriteeriumid [38]

Hinnang	Kirjeldus
5	Muutusteta: pillingut ei esine
4	Kerge pinna karustumine ja/või pillialged
3	Mõõdukas pinna karustumine ja/või mõõdukas pilling. Erineva suuruse ja tihedusega pillid paiknevad mingil osal katsepinnast
2	Märgatav pinna karustumine ja/või märgatav pilling. Erineva suuruse ja tihedusega pille leidub suurel osal katsepinnast
1	Tihe pinna karustumine ja/või tihe pilling. Erineva suuruse ja tihedusega pillid katavad kogu katsepinda.

Pillingukalduvuse hindamise meetod

Katsemeetod:

EVS-EN ISO 12945-2:2000 Tekstiil. Kangasmaterjalide karustumis- ja pillingukalduvuse määramine. Modifitseeritud *Martindale* meetod (ingl k *Textiles – Determination of fabric propensity to surface fuzzing and to pilling – Part 2: Modified Martindale method*).

Käsitus- ja kasutusala:

Standardis sätestatud meetod on ette nähtud rõivasteks kasutatavate tekstiilmaterjalide pillingukalduvuse määramiseks. Meetod on kohaldatav riide ja trikookanga suhtes.

Põhimõte:

Katsetatavast materjalist lõigatud ümmargust proovitükki hõõrutakse kindlaksmääratud surve all sama tekstiilmaterjali või abrasiivkanga vastu. Hõõrumisliigutused moodustavad nn *Lissajous*-kujundi. Hõõrumine lõpetatakse pärast kindlaksmääratud arvu pöördeid ning pillingu moodustumise astet hinnatakse visuaalselt 5-palli skaalal, kus hinne 5 väljendab materjali pillingukindlust ning hinne 1 kalduvust tugeva pillingu tekkele. Hinnangu andmisel lähtutakse toppide tihedusest, suurusest ja pillinguga kaetud ala suurusest [46].

4.2.6 Hõõrdekindlus

Hõõrdekindlus väljendab materjali kulumis- või hõõrdekindlust. Hõõrdekindlus on tekstiiltoote omadus vastustada hõõrdele. Tekstiilmaterjali või -toote hõõrdekulumise põhjustab sageli hõõrdumine mingi teise pinnaga. Abrasioon on tekstiilpinna hõõrdumine mingi teise pinnaga, mille tagajärjena toimub kiudude, lõngade ja kangaste füüsiline purunemine. Kulumine toimub materjalide kasutamise, kandmise, puhastus- ja pesemisprotsessi käigus kiudude ja niitide eraldumisel ning põhjustab tekstiilmaterjali kasutuskõlbmatuks muutumist. Abrasiooni lõpptulemusena muutuvad

materjali tugevusomadused ning välisilme, kuna hõõrdumisega kaasneb materjali massikadu ning pinna purunemine. Tekstiiltoote kulumine on suurim kontaktpiirkondades ning sõltub kiulisest koostisest, niitude struktuurist (pikkus, keerdumus), toetuspinna suurusest ja iseloomust (sile või reljeefne) ning kangastruktuurist. Trikotaaž puruneb kiiremini, kuna silmused kuluvad kergesti katki. Mida tihedam trikotaaži kude, seda suurem on selle hõõrdekindlus. Tekstiiltoote kasutusaega mõjutavad tegurid sõltuvad selle kasutusotstarbest. Teatud rõivaosad (nt krae, mansetid, taskud) ning piirkonnad (küünarnukid) peavad kandmisel vastastuma suuremale hõõrdele. Kodutekstiilid nagu vaibad ja pehmemööbli kattmaterjalid, lisaks sokid ja tehnilised tekstiilid peavad samuti olema hea kulumiskindlusega [60].

Tekstiilides hõõrdekulumise võib tinglikult jagada järgmiselt:

- a) Tekstiilmaterjalide vaheline hõõre (mantel hõõrub vastu kampsunit, taskud vastu pükse);
- b) Tekstiilmaterjali ja mingi välise objekti vaheline hõõre (pükste hõõrumine vastu istet, lõnga hõõrumine vastu nõela jne)
- c) Kiudude ja tolmu/puru vaheline hõõre kangas, mille tulemusena need lõikuvad kiudu (lehvivivad lipud, liiv ujumisrõivastes). Tegemist on aeglase protsessiga.
- d) Hõõre kanga koostisosade vahel. Kiudude väände, paindel ja venitamisel toimub aatomite või ahelate pöördumatu liikumine ning purunemine [60]

Polüamiid, polüester ja polüpropüleen on hõõrdele väga vastupidavad kiud. Villa ja puuvilla segamine polüamiidi või polüestriga suurendavad (teiste omaduste arvelt) nende hõõrdekindlust olulisel määral. Hõõrdumise käigus toimub kiudude eraldumine lõngast järk-järguliselt. Seega on lõngade hõõrdekindluses oluline tähtsatus kiudude kohesioonil. Kui lõng on kedratud pikkadest kiududest, on sellest valmistatud kangas (või tekstiiltoode) parema hõõrdekindlusega, kuna pikad kiud ei libise nii kergesti välja. Sel põhjusel on sünteetskiududest lõngad hõõrdele vastupidavamad kui staapelkiududest. Lauge keerdumusega lõngadest eralduvad kiud kergemini ning tulemusena selle diameeter väheneb. Tiheda keerdumusega lõngad on seevastu jäigemad ega deformeeru (ei vaju lössi ega lamendu) hõõrdejõu mõjul. Hõõrdekindlus suureneb pindtiheduse suurenedes [47].

Hõõrdegevuse määramiseks hõõrutakse katsekeha (riideproovi) mitmesuguste pindadega. Kasutatavad seadmed peavad imiteerima võimalikult loomulikku kulumist: puhas hõõrdumine, hõõrdumine tõmbe ja paindega samaaegselt või hõõrdumine samaaegse muljumisega. Hõõrdepinna kontakt katsekehaga võib olla üksikutes piirkondades, servadel või terves ulatuses. Abrasiivina kasutatav riie, metallpind, polüamiidkiudhari vms võib liikuda edasi-tagasi (nt lõime- ja koesuunas) või pöörelda. Hõõrdekatse standardid määravad kindlaks abrasiivpinna rõhu ja pinguse katsetatavale materjalile.

Materjali hõõrdekindlus on selle vastupidavuse karakteristik, mis näitab selle edasist kasutuskõlbmatust. Hõõrdegevuse määramisel sooritatakse teatud hõõrdetsükli arv ning

uuritakse muutusi materjalis. Pärast teatud hõõrdetsüklite arvu võivad toimuda muutused materjali välisilmes, materjal võib õheneda või puruneda (augu sissekulumine) ning selle õhu- ja valguse läbilaskvus võivad suureneda [47].

Hõõrdekindluse hindamise meetod

Hõõrdekindluse määramise peamiseks põhjuseks on tekstiiltoote liigne kulumine tavakasutuses ning selle testimiseks on erinevaid meetodeid. Levinuim neist on *Martindale* meetod. *Martindale* hõõrdeseadme tööpõhimõte seisneb selles, et ümmargusi katsekehi hõõrutakse ettenähtud koormusega (survega) vastu abrasiivkangast või testkangast translatsioonilise liikumisega, mis formuleerub *Lissajous* mustriks. *Lissajous* muster on kahe ristisuunalise võnkumise liitumisel võnkumisega ristiolevale tasandile joonistuv pendlikeha projektsiooni jälg. Hinnang hõõrdekindlusele antakse tsüklite arvuna kas täielikul purunemisel või ühe komponendi õhenemisel (hõrenemisel/kaol). Testimisseadmeid on saadaval 2-, 5- või 9-pealiste mudelitena. 5-pealine *Martindale* katseseade on kujutatud joonisel 25. Seadet on võimalik kasutada nii kuivtestide kui ka märgtestide jaoks. Seadmel on puutetundlik ekraan, mis teeb kasutamise lihtsaks ja kiireks. Seadmed on varustatud komplektidega, mis võimaldavad testida tekstiilmaterjali vastupanu hõõrdumisele ja pillingut tekkele. Testrit kasutatakse kangaste tasapinnalise kulumiskindluse hindamise puhul kindlaksmääratud survega, mis liikumise alguses kujutab sirgjoont, siis ellipsit kuni jälle uue sirgjoone moodustumiseni. Sellist hõõrdeoperatsiooni korratakse mitmeid kordi kuni on saavutatud tsüklite täisarv. Katseseade töötab 5000 tsükliilise intervalliga, mille põhjal kujuneb kulumisnäitaja ühikuga *Martindale*.



Joonis 25. 5-pealine *Martindale* katseseade [60]

Katsemeetod: EVS-EN ISO 12947-2:2016. Tekstiil. Kangaste hõõrdekindluse määramine *Martindale* meetodil – Osa 2: Katsekeha purunemise määramine (ingl k *Textiles – Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method – Part 2: Determination of specimen breakdown*)

Käsitlus- ja kasutusala:

Standardis sätestatud meetod on ette nähtud tekstiilmaterjalide hõõrdekindluse määramiseks. Meetod on kohaldatav kõikide tekstiilmaterjalide suhtes.

Põhimõte:

Ümmargust proovitükki hõõrutakse testriide vastu kindlaksmääratud (9 kPa või 12 kPa) surve all, mis oleneb tekstiilmaterjali kasutusotstarbest. Hõõrumisliigutused moodustavad nn Lissajous-kujundi. Hõõrumine katkestatakse pärast kindlaksmääratud arvu pöördeid ning hinnatakse, kas proovitükk on katkikulunud või mitte. Katsetamist jätkatakse kuni proovitüki katkikulumiseni [46].



5. WILE FARMI TUTVUSTUS

Eestis on viimasel kümnendil hakatud traditsiooniliste põllumajandusloomade (veised, lambad, kitsed, lehmad jne) kõrval kasvatama alpakasid. Kuna siiski põllumajandusloomadeks neid ei peeta ja kasvatajad riigilt toetust nende pidamiseks ei saa, siis puudub Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ameti lehel ka vastav statistika. 2014.a asutatud Eesti Alpakaühingu liikmetel on 2019.a kevade seisuga üle 200 alpaka. Võrdlusena võib siinkohal tuua, et 2019.a maikuu seisuga on PRIA andmetel lammaste arv Eestis 69 876 [62].

Praegu tegutseb Eestis kaks suuremat alpakafarmi, millest suuruselt teine - Wile farm (ettevõtte nimega Tonovan OÜ) – asub Järvemaal Türi vallas Poaka külas. Wile farmi esialgsest 2014.a Tšiilist toodud 11 alpakast on 2019.a. aprillikuu seisuga saanud 38 alpakat. Farmi esimesest kriast sai nimi- ja vapiloom nimega Wile. Osa Wile karjast on kujutatud joonisel 18. Alpaka põhikarja kuulub iga 12 emaslooma kohta 3 isaslooma (sugulaspaarituse vältimiseks). Lähikuudel on oodata karjasuurenemist alpakade järglaste ehk kriade näol (alpakad poegivad kord aastas). 2018.a kevadel sündinud kriad on kujutatud joonisel 27. Kriasid pügatakse esimest korda 11-kuu vanuselt, misjärel saadakse aimu nende villakvaliteedist (väärtusest tõu- ja aretusloomana).



Joonis 26. Wile farmi alpakad 14. jaanuar 2019 a, foto autor: *Wile Alpaca Farm* [63]



Joonis 27. Wile farmi kriad koos hiljuti pügatud täiskasvanud alpakadega 14. juuni 2018 a, foto autor: *Wile Alpaca Farm* [63]

Wile alpakade turuväärtused jäävad vahemikku 1500-7000€, sõltudes peamiselt villa kvaliteedist. Aretusloomade (ühevärvilised kvaliteetse villaga alpakad) hinnad algavad 4000€, seejuures on kõige kallim isasloom väärtusega 14 000€. Alpakasid pügatakse Wile famis kord aastas kevaditi. Ühelt loomalt saadakse ligikaudu 3-5,5 kg toorvilla, mille müügihinnaks on 50€/kg. Farmi aastane villatoodang on varieeruv, kuna on otseselt seotud karjasuurusega. Villakogused on siiski veel väikesed ning kvaliteetse ketrusteenuse ostmine väga kulukas. Väikeste villakoguste tõttu hangitakse 100%-list alpaka lõnga lisaks Boliiviast.

Eestis on alpaka villa võimelised rahuldava kvaliteediga töötleva üksnes paar vabrikut. Näitena võib siinkohal tuua Muru Villavabriku, mille teenustööde hulka kuuluvad lõnga, kammlindi ja kraasvilla tegemine. Ketrusteenuse hinnad sõltuvad villa tüübist, kogusest ning soovitud segudest. Vabrikusse saadetav vill peab olema pügamisjärgselt sorteeritud ning puhastatud või pestud villa minimaalse pikkusega 7 cm. Villa pesuteenuse hind on 3-5€/kg. Kui tavalise 100% lambavilla ketrus maksab 20€/kg, siis 100% alpaka villa 50€/kg ning 80-100% angooravilla 80€/kg. Kahekihiliste villade ketramiseks soovitab vabrik lisada 20% säbaramat villa, kuna kedratud 100% alpaka lõng kaldub olema ebahühtlase jämedusega ning keerduvusega [64].

Kuigi farmi omanikud Imre Heinsaar ja Evelin Jenk kirjutasid 2012.a äriplaani kvaliteetse tõu- ja villaloomade kasvatusele ja aretusele ning villa, lõnga ja käsitöö tootmisele, siis karja väiksusest tingituna ollakse veel mõnda aega sunnitud tegelema ka turismiga. Farmi eesmärgiks on tööloomaaretus ja karja suurendamine, alpaka lõnga ja -toodete väärimine Eesti turul ning pikemas perspektiivis ka tänapäevase ketrusvabriku loomine vana Ambla villatehasesse. Vabriku rajamine

eeldab suurt investeeringut ning vahendeid selleks alles otsitakse, aga hetkeseisuga on esimesed läbirääkimised Itaalia masinatootjatega juba peetud. Tänapäevane tehas toetaks nii Wile Farmi ärilisi eesmärke (sh ketrusteenuse osutamine) kui ka üleüldiselt alpakade kasvatust ja alpakavilla realiseerimist ja väärindamist Eesti turul.

Wile farmi veebilehel on võimalik nende e-poest soetada naturaalsetes värvitoonides 100% alpakavillast lõnga ja kudumeid. Kõik müügis olevad silmuskootud mütsid, sallid, kindad ja sokid on käsitööna valminud. Wile põhitegevuseks on eksklusiivsete ja väikeses tiraažis alpakavillaste rõivakollektsioonide tootmine, mille tarbeks tehakse koostööd Eesti Kunstiakadeemia disaineritega. Joonisel 20 on toodud näited 2017.a. valminud esimesest alpakavillast riiete kollektsioonist "Wile". Inspiratsiooni saadi alpakadest, nende imepehmest ja soojast, paljudes erinevates looduslikes toonides esinevast villast. Joonisel on vasakul looduslikes toonides 100% alpakavillane kleit Pilv, hind 179€ ning paremal looduslikes toonides 100% alpakavillane meeste kampsun Wile, hind 199€ Kolleksiooni kõik kudumid on Eestis valminud käsikudumismasinatele ning nende hinnad jäävad vahemikku 179-298 €.



Joonis 28. Wile farmi kollektsioon „Wile“ [65]

Toodete omadused sõltuvad selleks kasutatava toormaterjali omadustest. Alpakavillast tehtud rõivad on kerged, pehmed, soojad ja mugavad. Kuigi 100% alpakavillaste toodete puudustena tuuakse peamiselt välja nende suurt pillingukalduvust ning vähest hõõrdekindlust, siis sõltuvad toote nimetatud omadused peamiselt alpakavilla kvaliteedist (villasordist, ketrusest) ning kasutusotstarbest. Juhul, kui 100%-line alpakavillane toode (mütsid, kindad, sallid, kleidid, kampsunid) on valmistatud kõrgesordilisest villast kedratud kvaliteetlõngast, siis on tooted vähem pillingualtid ning hõõrdele vastupidavamad, kui madalamasordilisest villast ja lõngast valmistatud tooted. Lisaks moodustub pilling või toimub toote teatud piirkonna kulumine kiiremini juhul, kui tootele rakendatakse eksploatatsioonis pidevat hõõret, nt sokid, soepesu, retuusid või kudumitel kaenlaalused, küljed,

küünarnuki piirkonnad. Alpakavillaste toodete hooldamisel peab hoolikalt järgima tootele märgitud hooldusjuhiseid, vastasel juhul võib toode kaotada oma vormi ning vanuda, muutudes kandmiskõlbmatuks.

5.1 Materjalid katsetamiseks

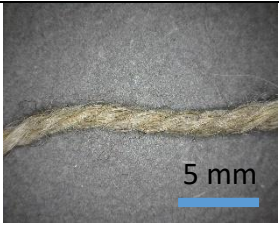




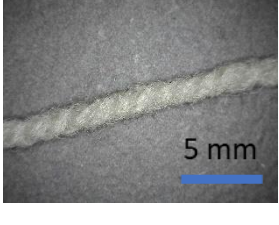
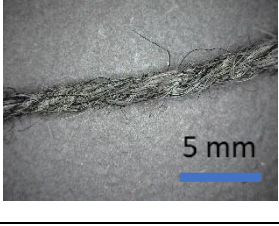
Tekstiiltoodete- ja materjalide omaduste määramiseks on mitmeid erinevaid katsemeetodeid, millest enamus on standardiseeritud ning avaldatud rahvusvahelistes standardites (ISO, EN). Katsemeetodite väljatöötamisel on lähtunud tegelikest tingimustest ning tulemuste võrreldavuseks peab katsed läbi viima samades tingimustes ja meetodi järgi. Materjalide omaduste teadmine ja kindlaksmääramine on eelkõige oluline kvaliteedi tagamise ja tootearenduse seisukohast. Kanganäidiste omaduste määramine ja võrdlemine annab infot nende käitumisest kindlat kasutusotstarvet silmas pidades.

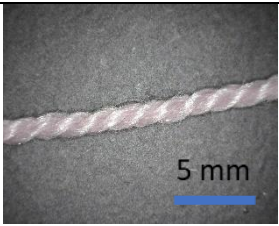
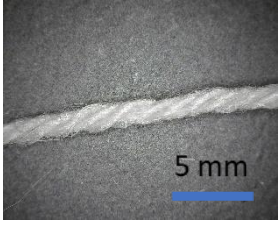



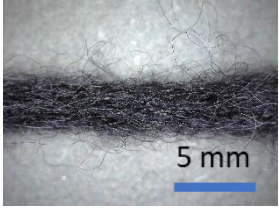
Wile farm huvides on, et antud töö käigus uuritaks valitud alpakavillaste lõngade ja neist kootud tööproovide omadusi eesmärgiga tuua välja alpakavillaste toodete suurimad puudused ning leida võimalusi nende parendamiseks segus polüamiidiga.

Alpakalõngade turuanalüüsi tulemusena valiti katsetamiseks eelkõige koostisest lähtuvalt sobivad lõngad. Kuigi analüüsi tulemusena tuvastati 119 alpakalõnga, oli väga keeruline leida samasuguse jämeduse ja keerdumusega lõngu. Valituks osutusid 100%-lise alpakavilla sisaldusega Drops Alpaca Peruu, Wile farmi Boliivia ning Wile farmi Eesti ja Läti lõngad. Võrdluseks katsetatakse Tsuru talu 100%-lise lambavilla sisaldusega Maavillase Valget lõnga ning Ala-Mähkli ja Hallimäe talu 100%-lise meriinovilla sisaldusega Maavillase Meriino lõnga. Kuna alpakavilla segatakse sageli lambavillaga, otsustati katsetada ka nende segulõngasid. Lisaks kahe luksuskiu – alpaka ja siidi – segulõnga. Alpakalõngade analüüsi tulemusena tuvastati, et 3-komponentsetes lõngades esineb peale lambavilla kolmanda koostisosana sageli ka polüamiid. Sellest lähtuvalt valiti välja 4 erineva polüamiidi sisaldusega alpakalõnga. Katsetamiseks valitud lõngad on toodud tabelis 6.


Lõngadest kooti kuliirsilesiduses tööproovid Wile farmi eritellimusel Eesti kudumifirmas Top Kudum OÜ, kasutades selleks käsikudumismasinaid Brother KH970 (kl 5, elektrooniline) ja Brother KH260 (kl 3, mehaaniline). Vastavalt lõnga jämedusele valisid kogenud masinkudujad sobiva tugevusklassiga masina ning kudumistihedusastme 1- 10. Mida suurem on tiheduse number, seda lõdvem on kude. Katsetatavad tööproovid on toodud tabelis 7.



Tabel 6. Katsetamiseks valitud lõngad

Nr	Nimi	Koostis	Kaal/pikkus	Hind, €	Dino-Lite digitaalmikroskoobi pilt
1	Drops Alpaca Peruu	100% WP	50g/167m	2,50	
2	Wile farm Boliivia	100% WP	100g/370m	11,00	
3	Wile farm Eesti ja Läti	100% WP			
4	Maavillane Meriino Eesti	100% WE	50g/200m	8,00	
5	Maavillane Lambavill Eesti	100% WO	100g/350m	6,00	
6	Lana Gatto Super Alpaca	50% WP 50% WE	50g/115m	4,20	
7	Novita Alpaca Wool	50% WP 50% WO	50g/100m	4,50	

Nr	Nimi	Koostis	Kaal/pikkus	Hind, €	Dino-Lite digitaalmikroskoobi pilt
8	Drops BabyAlpaca Silk	70% WP 30% SE	50g/167m	3,60	
9	Drops Nord	45% WP 30% PA 25% WO	50g/170m	1,70	
10	Regia Premium Alpaca Soft	62% WO 23% PA 15% WP (Suri)	100g/310m	11,40	
11	Drops Sky	74% WP 18% PA 8% WO	50g/190m	3,50	
12	Rowan Brushed Fleece	65% WE 30% WP 5% PA	50g/105m	8,10	
13	Atmosfera Concept by Katia	67% WP 28% PA 5% WE	50g/150m	8,00	

Tabel 7. Katsetatavad tööproovid

Nr	Nimi	Koostis	Kudumismasin ja tugevusklass	Tiheduse nr	Dino-Lite digitaalmikroskoobi pilt
1	Drops Alpaca Peruu	100% WP	Brother KH970 kl 5	9	
2	Wile farm Boliivia	100% WP	Brother KH970 kl 5	8	
3	Wile farm Eesti ja Läti	100% WP	Brother KH260 kl 3	5	
4	Maavillane Meriino	100% WE	Brother KH970 kl 5	10	
5	Maavillane Lambavill	100% WO	Brother KH970 kl 5	9	
6	Lana Gatto Super Alpaca	50% WP 50% WE	Brother KH260 kl 3	3	

Nr	Nimi	Koostis	Kudumismasin ja tugevusklass	Tiheduse nr	Dino-Lite digitaalmikroskoobi pilt
7	Novita Alpaca Wool	50% WP 50% WO	Brother KH260 kl 3	3	
8	Drops BabyAlpaca Silk	70% WP 30% SE	Brother KH970 kl 5	9	
9	Drops Nord	45% WP 30% PA 25% WO	Brother KH970 kl 5	10	
10	Regia Premium Alpaca Soft	62% WO 23% PA 15% WP (Suri)	Brother KH970 kl 5	10 ⁰⁰	
11	Drops Sky	74% WP 18% PA 8% WO	Brother KH970 kl 5	10 ⁰⁰	
12	Rowan Brushed Fleece	65% WE 30% WP 5% PA	Brother KH260 kl 3	9	
13	Atmosfera Concept by Katia	67% WP 28% PA 5% WE	Brother KH260 kl 3	4	

5.2 Katsemeetodid

Koostöös Wile farmiga otsustati uurida alpakavillase tööproovi pesus kokkuminekut, hinnata hõõrdekindlust, kalduvust pillingule ning õhuläbilaskvust. Võrdluse huvides katsetatakse samaaegselt 100% lamba- ja meriinovilla. Lisaks uuritakse, kuidas alpakavilla segamine polüamiidi ja/või lambavillaga neid omadusi muudab. Katsemeetoditest hulgast tehti valik, arvestades seejuures ka Tallinna Tehnikaülikooli Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia laboris olemasolevate seadmetega. Sobivad katsetused ning normdokumendid koos standardites ettenähtud katsekehade mõõtmete ning arvuga on toodud katsetuste tabelis 8.

Tabel 8. Katsetabel

Katsetus	Standard/normdokument	Katsekehade arv	Katsekeha mõõtmed, mm
LÕNGAD			
Joontiheduse määramine vihimeetodil	EVS-EN ISO 2060:2000	3	10 000
Keerdumuse määramine loendusmeetodil	EVS-EN ISO 2061:2015	5	250 või 500
Katkevenivuse ja -koormuse määramine	EVS-EN ISO 2062:2010	10	500
TÖÖPROOVID			
Pindtiheduse määramine	EVS-EN 12127:2000	3	<input type="checkbox"/> 150 x 150
Õhuläbilaskvusteguri määramine	EVS-EN ISO 9237:2000		
Pillingukalduvuse hindamine	EVS-EN ISO 12945-2:2000		
Silmustiheduse määramine	EVS-EN 14971:2006		
Hõõrdekindluse hindamine	EVS-EN ISO 3759:2011 EVS-EN ISO 5077:2008 ISO 6330:2012	1	<input type="radio"/> 38
Pesukindluse määramine	EVS-EN 13770:2002	1-2	<input type="checkbox"/> 150 x 150

6. KATSETUSED

6.1 Lõngade katsetamine

6.1.1 Joontiheduse määramine

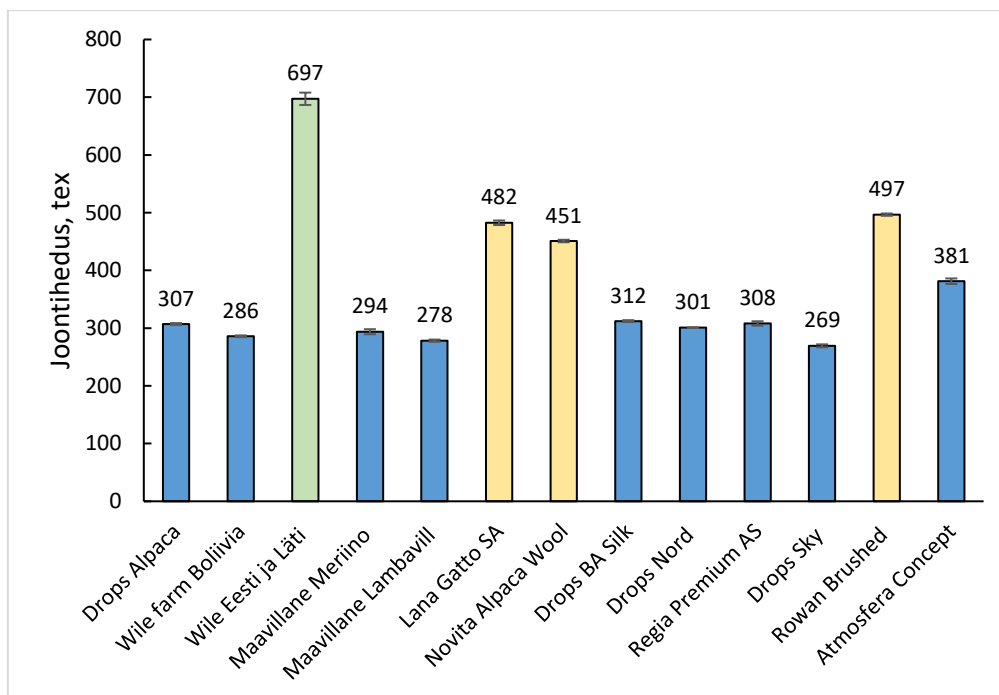
Katsemeetod: EVS-EN ISO 2060:2000

Variant 1: Konditsioneeritud lõngavihi joontiheduse määramine

Katsetingimused: õhu temperatuur 20°C, suhteline õhuniiskus 65%

Enne katsetusi konditsioneeriti lõngavihte 8h standardtingimustel. Igast lõngast mõõdeti 3 x 10 m pikkused lõngavihid ning määrati nende massid. Seejärel leiti kõigi kaalumiste aritmeetiline keskmine ja arvutati lõngade joontihedused. Lõngade keskmised joontihedused on toodud joonisel 29.

Jooniselt nähtub, et ülekaalukalt suurima keskmise joontihedusega on Wile Eesti ja Läti 100%-line alpaka lõng (1000 m lõnga mass on 697 g) ning väikseimaga Drops Sky lõng koostisega 74% WP, 18% PA, 8% WO (1000 m lõnga mass on 269 g). Enamus lõngade joontihedused jäävad vahemikku 269-381 tex. Katsetulemuste ja arvutuste tabel on toodud Lisas 2 tabelis 18.



Joonis 29. Joontiheduse graafik

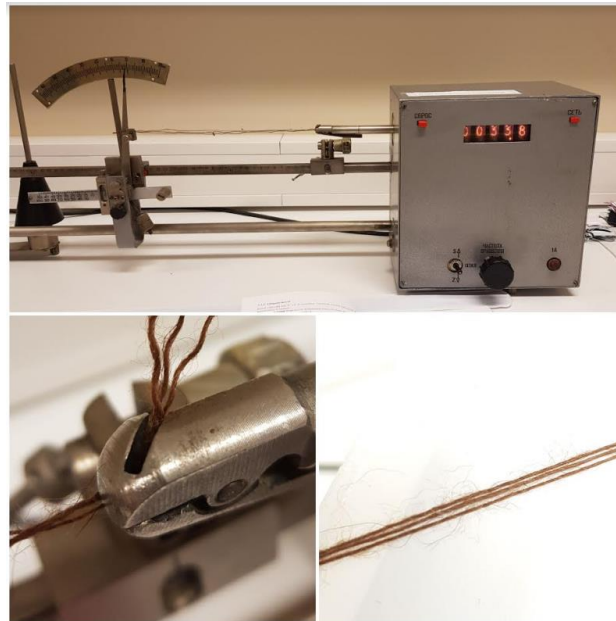
6.1.2 Keerdumuse määramine

Katsemeetod: EVS-EN ISO 2061:2015

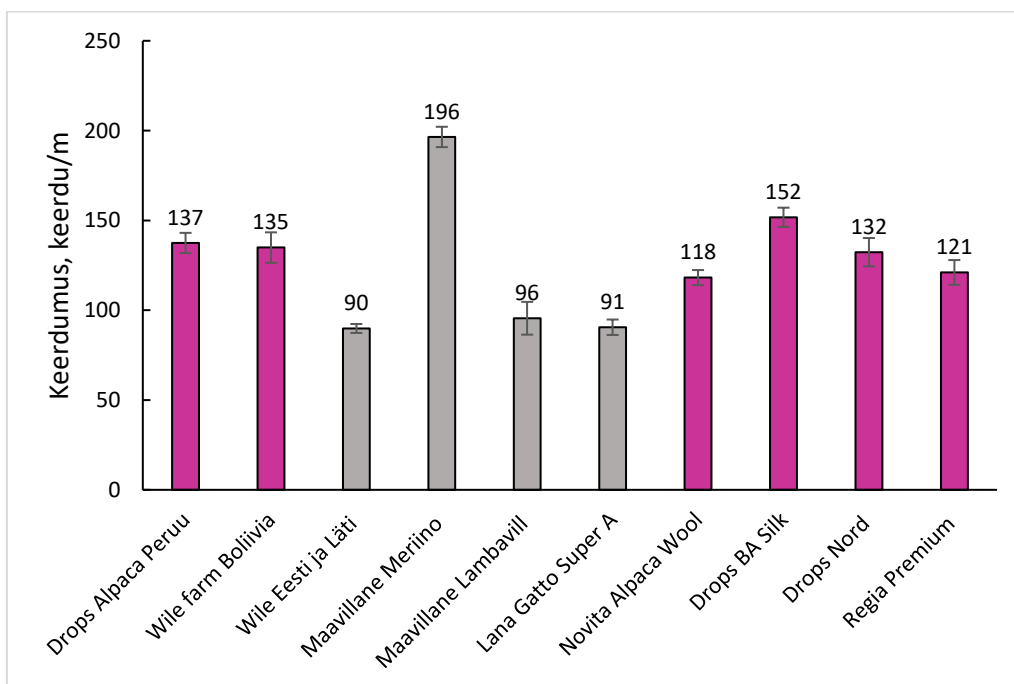
Katselabor: Tallinna Tehnikaülikooli Polümeeri ja tekstiilitehnoloogia labor

Katsetingimused: õhu temperatuur 22°C, suhteline õhuniiskus 40,6%

Katsetuses kasutatavat katseseadet, haaratsit ning lahtikeerutatud lõnga illustreerib joonis 30. Igast katsetatavast lõngast võeti 5 lõngalõiku pikkusega 250 mm või 500 mm. Katsetulemusi kujutab graafik joonisel 31.



Joonis 30. Keerdumuse määramise katseseade: keeruloendur [autori foto]



Joonis 31. Keerdumuse graafik

Kolmel lõngal (Rowan Brushed Fleece, Atmosfera Concept by Katia, Drops Air) polnud võimalik nende ehituse (kõisik või kootud nõõritaoline) tõttu keerdumust määrata. Ülejäänud katsetatavad lõngad on S-suunalise keeruga liht- või liitkorrutatud lõngad, koosnedes kahest kuni neljast ühekordsest lõngast. Lõngade keskmised keedumused jäävad vahemikku 90-196 keerdu/m.

Katsetulemusena selgus, et keerdude arv on suurim (196 keerdu/m) 100% WE lõngal ning kõige laugema ja ühtlasema keerdumusega 90 keerdu/m ($\sigma = 2,5$ keerdu/m) on Wile Eesti ja Läti alpavillane lõng. Kõige ebaühtlasema keerdumusega ($\sigma = 10$ keerdu/m) on Novita Alpaca Wool 50% WP + 50% WO segulõng. Katsetulemuste tabel koos arvutustega on toodud Lisas 3 tabelis 19.

6.1.3 Katkekoormuse ja katkevenivuse määramine

Katsemeetod: EVS-EN ISO 2062:2010

Katseseade: Instron 5866

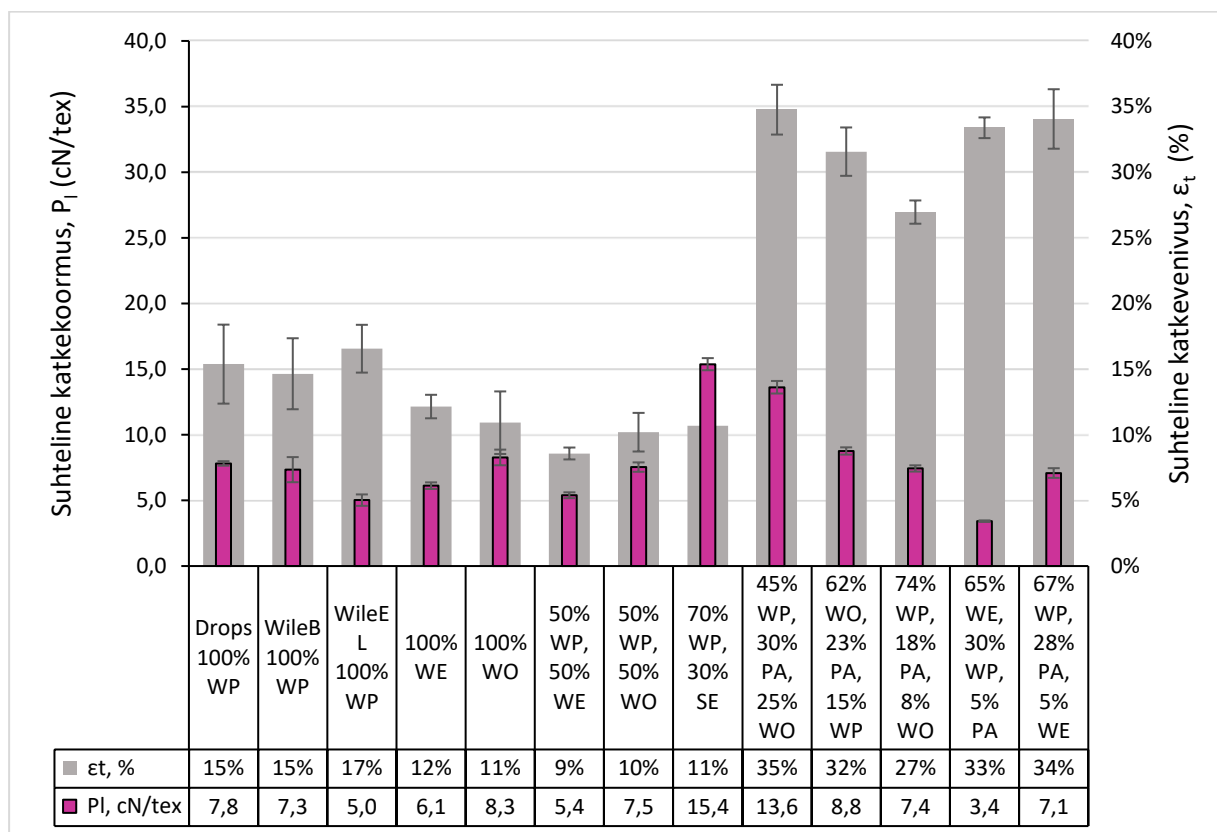
Katsetingimused: õhu temperatuur 20,7°C, suhteline õhuniiskus 17%

Meetod C.

Katsetamiseks kasutatav tõmbeseade Instron 5866 on toodud joonisel 32. Igast lõngast katsetati 10 katsekeha pikkusega 500 mm ning tõmbemasina kiiruseks seadistati 500 mm/min. Enne katsetusi määrati katsekehadele vastavalt lõnga joontihedusele eelpinge. Lõngalõiku venitati ühtlasel kiirusel kuni katkemispunktini. Katse tulemusena määrati lõngade katkevenivused ja -koormused. Tõmbekatse tulemusi illustreerib graafik joonisel 33.



Joonis 32. Tõmbemasin Instron 5866



Joonis 33. Katkevenivuse ja katkekoormuse graafik

Graafikult nähtub, et suurima suhtelise katkevenivusega on 3-komponentsed lõngad. Polüamiidi lisamisel villale paraneb selle suhteline katkekoormus (tõmbetugevus) olulisel määral. Poolas läbiviidud uuringu tulemusena selgus, et alpaka- ja lambakiud on küll sarnase suhtelise katkekoormusega, kuid alpakiudude suhteline katkevenivus on suurem. Graafikult paistab silma siidi sisaldav alpaka lõng, millel on suurima suhtelise katkekoormuse juures pea kõige väiksem suhteline katkevenivus. 100%-lise alpaka lõnga suhteline katkevenivus on väiksema suhtelise katkekoormuse juures oluliselt suurem, mis tähendab, et siidi lisamine alpakaile muudab lõnga sitkemaks. Katsetulemuste tabel koos arvutustega on toodud Lisa 4 tabelis 20.

6.2 Tööproovide katsetamine

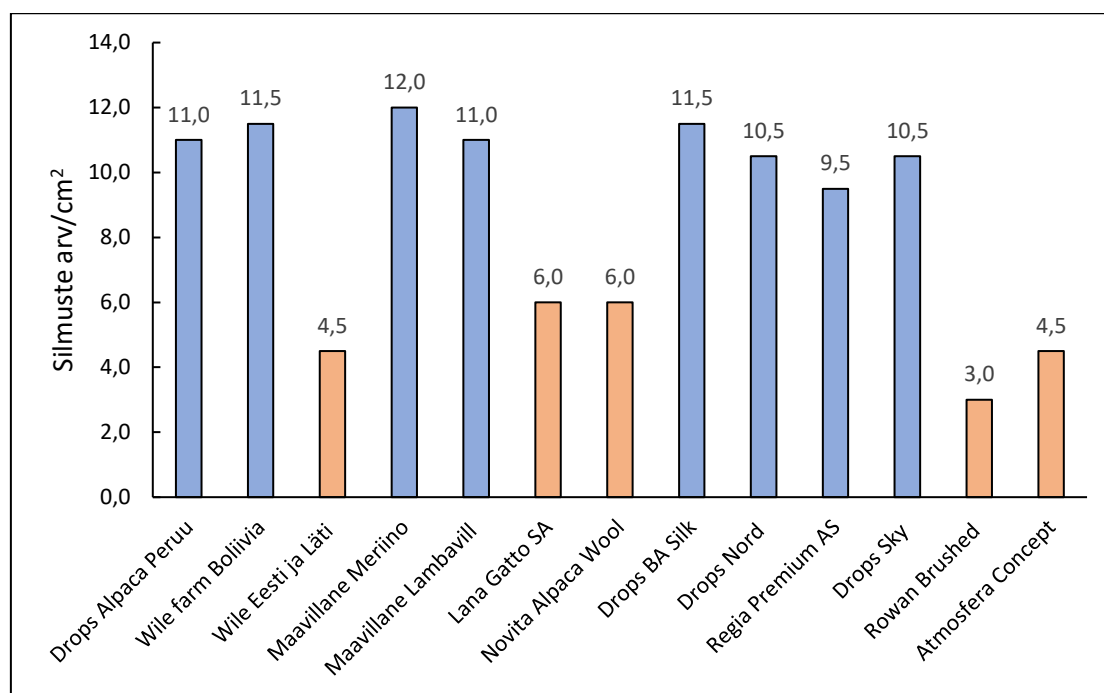
6.2.1 Silmustiheduse määramine

EVS-EN ISO 2060:2000

Katsetingimused: õhu temperatuur 23,7°C; suhteline õhuniiskus 46,4%.

Meetod B: Standardi järgi peaks silmusposte ja -ridu loendama materjali viiest erinevast kohast, kuid antud juhul on loendamisel kasutatavaks alaks kolme 15 x 15 cm mõõdus tööproovi 10 x 10 cm ala.

Katse käigus määrati silmuspostide ja –ridade loendamisel silmuste arv pikkus- ja pindalaühiku kohta, kasutades loendusnõela. Nagu katsetulemuste graafikult joonisel 34 nähtub võib lõngad silmustiheduselt jagada kahte rühma. Drops Alpaca Peruu ja Wile farmi Boliivia 100%-lised WP lõngad, Maavillased Meriino ja Lambavill, Drops BabyAlpaca Silk (70% WP, 30% SE), Drops Nord (45% WP, 30% PA, 25% WO), Regia Premium (62% WO, 23% PA, 15% WP) ja Drops Sky (74% WP, 18% PA, 8% WO) on sarnase silmustihedusega. Ülejäänud lõngade silmustihedused on vähemalt poole väiksemad. Katsetulemuste tabel koos arvutustega on toodud Lisa 5 tabelis 21.



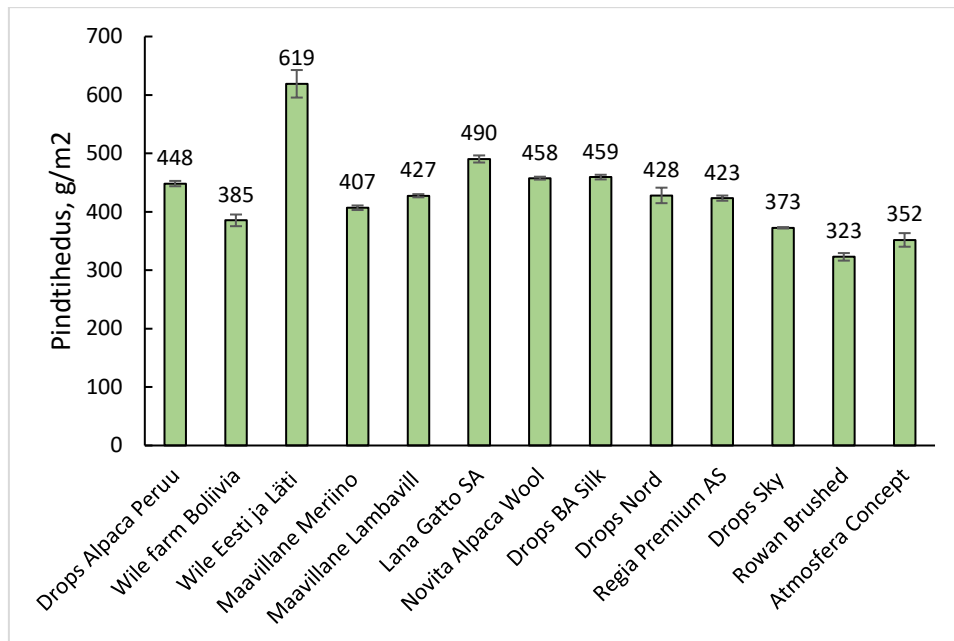
Joonis 34. Silmustiheduse graafik

6.2.2 Pindtiheduse määramine

Katsemeetod: EVS-EN 12127:2000

Laboritingimused: õhu temperatuur 20°C, suhteline õhuniiskus 65%.

Enne katsetamist on konditsioneeriti tööproovid relakseeritud olekus standardtingimustel 24h. Katsetulemused on kujutatud graafikul joonisel 35. Enamus tööproovide pindtihedused jäävad 385-490 g/m² vahele. Suurima ning kolme tööproovi lõikes enim varieeruva pindtihedusega on Wile Eesti ja Läti alpakade lõngast tööproov 619 g/m². Kõige kergem on Rowan Brushed Fleece tööproov pindtihedusega 323 g/m². Katsetulemuste tabel koos arvutustega on toodud Lisa 6 tabelis 22.



Joonis 35. Pindtiheduse graafik

6.2.3 Õhuläbilaskvusteguri määramine

Katsemeetod: EVS-EN ISO 9237:2000

Laboritingimused: õhu temperatuur 21°C, suhteline õhuniiskus 65%.

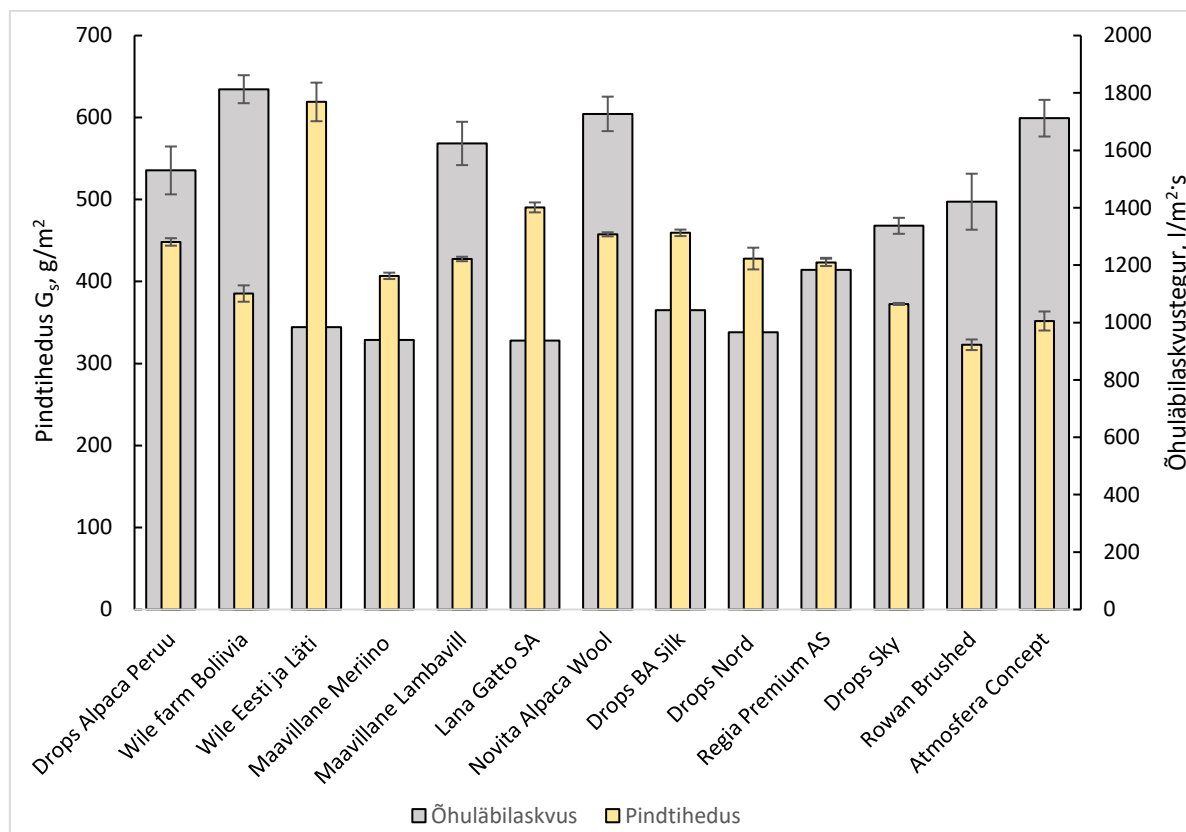
Testitava kanga pindala $A = 20 \text{ cm}^2$

Mõõdeti 3 tööproovi õhuläbilaskvustegurid kokku 10-st erinevast kohast joonisel 36 kujutatud seadmega FX 3340 MinAir. Seejärel arvutati tööproovide õhuläbilaskvustegurite aritmeetiline keskmine. Katsetulemused on toodud Lisa 7 tabelis 23.



Joonis 36. Õhu läbilaskvuse määramiseks kasutatav seade FX 3340 MinAir [autori foto]

Katsetulemused on kujutatud joonisel 37. Õhuläbilaskvused on suurimad 100% WP tööproovide Drops Alpaca Peruu ja Wile farm Boliivia tööproovidel, Maavillasel Lambavillal (100% WO), Novita Alpaca Woolil (50% WP, 50% WO) ja Atmosfera Conceptil (67% WP, 28% PA, 5% WE). Kõige vähem lasevad õhku läbi Wile Eesti ja Läti (100% WP), Maavillane Meriino (100% WE), Lana Gatto (50% WP, 50% WE), Drops Nord (45% WP, 30% PA, 25% WO) ja Drops BA Silk (70% WP, 30% SE).



Joonis 37. Õhuläbilaskvusteguri ja pindtiheduse graafik

6.2.4 Mõõtmete pesemisjärgse muutuse määramine

Katsemeetod: EVS-EN ISO 5077:2008

Laboritingimused: õhu temperatuur 20°C, suhteline õhuniiskus 63%.

Laboris 8h standardtingimustel konditsioneeritud tööproovidele märgiti kontrollmärgete paarid vahekauguste mõõtmiseks vastavalt standardites EVS-ISO 139:2005 ja EVS-EN ISO 3759:2011 toodud juhiste. Tööproovid pesti kodustes tingimustes automaatpesumasina villapesuprogrammiga, kasutades villašampooni ning kuivatati tasapinnale laotatult. Peale kuivamist ning tööproovide konditsioneerimist standardtingimustel 8h jooksul, mõõdeti kontrollmärgete paarid ning arvatati mõõtmete muutused vastavalt standardile EVS-EN ISO 3759:2011. Mõõtmete pesemisjärgseid muutusi kajastab tabel 9. Enamus tööproovide puhul toimus kokkuminek peamiselt laiuses ehk silmusreasuunaliselt, vaid kolmel 3-komponentsel tööproovil oli tulemus vastupidine. Suurim kokkuminek oli 2-komponentsetel alpaka- ja lambavillastel ning alpaka- ja meriinovillastel

tööproovidel (-7%) ning Wile Eesti ja Läti 100% WP tööproovil (-6,5%). Rowan Brushed Fleece tööproov tõmbus kokku üksnes pikkuses ehk silmuspostisuunaliselt (-6%).

Tabel 9. Tööproovide pesemisjärgne mõõtmete muutus

Nr	Nimi	Koostis	U (silmusreasuunaline)	U (silmuspostisuunaline)
1	Drops Alpaca Peruu	100% WP	-2,0%	0,0%
2	Wile farm Boliivia	100% WP	-2,0%	-1,0%
3	Wile Eesti ja Läti	100% WP	-6,5%	-1,0%
4	Maavillane Meriino	100% WE	-4,0%	-3,0%
5	Maavillane Lambavill	100% WO	-4,5%	-1,0%
6	Lana Gatto Super Alpaca	50% WP 50% WE	-7,0%	2,0%
7	Novita Alpaca Wool	50% WP 50% WO	-7,0%	-1,0%
8	Drops BabyAlpaca Silk	70% WP 30% SE	-3,0%	0,0%
9	Drops Nord	45% WP 30% PA 25% WO	-4,0%	-0,5%
10	Regia Premium Alpaca Soft	62% WO 23% PA 15% WP	-3,0%	-4,5%
11	Drops Sky	74% WP 18% PA 8% WO	-3,5%	-4,0%
12	Rowan Brushed Fleece	65% WE 30% WP 5% PA	0,0%	-6,0%
13	Atmosfera Concept by Katia	67% WP 28% PA 5% WE	-3,5%	-2,5%

6.2.5 Pillingukalduvuse hindamine

Katsemeetod: EVS-EN ISO 12945-2:2000

Katsetingimused: õhu temperatuur 22,8°C; suhteline õhuniiskus 33,7%

Kategooria: 3^a trikotaažkangad (va kattematerjalid)

Koormus: (155 ± 1) g

Hindamisetapid 1-6 hõõrdeintervallid: 125, 500, 1000, 2000, 5000 ja 7000.

Pillingukalduvuse hindamiseks kasutati Martindale hõõrdeseadet joonisel 38. Igast lõngast katsetati kolme tööproovi mõõtmega 150 x 150 mm, mis kinnitati kolmele ringikujulisele alusele. Spetsiaalse lõikuriga lõigati ümmargune 140 mm läbimõõduga vilt ning selle peale sama suur abrasiivkangas, mis kinnitati alumistele ringikujulistele alustele raskuse abil. Seejärel määrati hõõrdetsükkel. Esimene hindamine toimus peale 125 pöoret, teine peale 500 pöoret jne kuni 2000 pöörde täitumiseni. Peale iga hõõrdeintervalli, hinnati visuaalselt katsekehade pillingukalduvust valguskapis Color Assessment Cabinet CAC60. Katsekehade hindamiseks kasutati standardis kirjeldatud välisilme muutuste tabelit skaalal 1- 5, kus 1 väljendab katsekeha tugevat kalduvust pillingule ning 5 pillingukindlust. Hindamisel on määravateks teguriteks toppide tihedus, suurus ja nende kaetud ala osakaal. Valguskapis kasutati kunstlikku päevavalgust D65 (2-600 mm, 18 watt, Verivide Artificial Daylight).



Joonis 38. Martindale katseseade pillingukalduvuse hindamiseks [autori foto]

Pillingukalduvuse hindamise katsetulemustest moodustati koondtabel (tabel 10), millest järeldub, et hinnangu 2 on saanud neli tööproovi: Wile farmi Boliivia (100% WP), Maavillane Meriino (100% WE), Drops BabyAlpaca Silk (70% WP, 30% SE) ning Rowan Brushed Fleece (65% WE, 30% WP, 5% PA). Kõigil neist esines märgatav pinnakahusus ning pilling. Kui alpakavillase tööproovi pillid olid suured ja kohevad, siis meriinovillasel väikesed ja tihedad. Drops BA Silk tööproovi terve pind oli kaetud peenikeste kiuotstega, pillialgete ning pehmete väikeste pillidega. Ka Rowan Brushed Fleece tööproovil

esinevad pillid olid tihedad, kuid väikesed ning paiknesid üle terve katsekeha. Esimesed pillingumärgid ilmnesid alpaka, meriino ning alpaka-siidi tööproovidel teises hindamisetapis (peale 500 hõõret), Rowanil kohe esimeses ehk peale 125 pööret. Valguskapis tehtud pilt Wile farmi Boliivia lõngast kootud tööproovidest peale 2000 hõõrdetsükli on toodud joonisel 39. Drops Alpaca Peruu (100% WP) tööproovile määrati peale 2000 hõõrdetsükli pillingukalduvuse hinnanguks 4 ning Wile Eesti ja Läti (100% WP) 3.

Maavillane Lambavilla (100% WO) tööproov oli väga hea pillingukindlusega (hinnang 5), st peale 2000 hõõrdetsükli ei täheldatud muutusi materjali pinnal. Tulemustest nähtub, et 50% WP + 50% WE on rohkem pillingualtim kui 50% WP + 50% WO. tööproovi omast suurem ning vastavateks keskmisteks hinnanguteks kujunesid 4 ja 3. Väga hea pillingukindlusega oli ka Drops Nord (45% WP, 30% PA, 25% WO), mille hinnanguks peale viimast hindamisetappi määrati 4-5.



Joonis 39. Wile farm Boliivia lõngast tööproovide pillingukalduvuse hindamine valguskapis. [autori foto]

Tabel 10. Pillingukalduvuse hindamise tulemuste koondtabel

Hindamisetapp	1	2	3	4
Tööproovi nimi/Hõõrete arv	125	500	1000	2000
Drops Alpaca Peruu, 100% WP	Muutusteta	Muutusteta	Lahtised kiuotsad materjali pinnal	Pinna kahusus ning lahtised kiuotsad materjali pinnal
Hinnang	5	5	4	4
Wile farm Boliivia, 100% WP	Muutusteta	Lahtised kiuotsad materjali pinnal, pillialged	Mõõdukas pilling: üksikud suured pillid, palju pillialgeid	Märgatav pilling, suured kohevad pillid, käega katsudes tunda
Hinnang	5	4	3	2
Wile Eesti ja Läti, 100% WP	Muutusteta	Muutusteta	Lahtised kiuotsad materjali pinnal, pillialged	Mõõdukas pilling, erineva suurusega, tihedad väikesed või õhulised suured pillid, mida käega katsudes ei ole tunda
Hinnang	5	5	4	3
Maavillane Meriino, 100% WE	Muutusteta	Pinna kahusus, pillialged	Mõõdukas pilling: väga väikesed pillid, palju pillialgeid	Tasane märgatav pilling: palju väga väikesi tihedaid pille, mida on käega katsudes tunda
Hinnang	5	4	3	2
Maavillane Lambavill, 100% WO	Muutusteta	Muutusteta	Muutusteta	Muutusteta
Hinnang	5	5	5	5
Lana Gatto SA, 50% WP, 50% WE	Muutusteta	Lahtised kiuotsad materjali pinnal	Palju kiuotsi, pillialged	Mõõdukas pilling: erineva suurusega pillid ja nende alged, mida on käega katsudes tunda
Hinnang	5	4-5	4	3
Novita Alpaca, 50% WP, 50% WO	Muutusteta	Muutusteta	Muutusteta	Kerge pinna kahusus, lahtised kiuotsad, üksikud pillialged, paar kohevat pilli
Hinnang	5	5	5	4
Drops BA Silk, 70% WP, 30% SE	Muutusteta	Kerge pinna kahusus, pillialged	Mõõdukas kahusus, palju pillialgeid ja üksikud pillid	Tasane märgatav pilling: kogu katsekeha ulatuses on lahtisi kiuotsi,

Hindamisetapp	1	2	3	4
Tööproovi nimi/Hõõrete arv	125	500	1000	2000
				väga väikesed pillialged või pillid, mida katsudes ei ole tunda
Hinnang	5	4	3	2
Drops Nord, 45% WP, 30% PA, 25% WO	Muutusteta	Muutusteta	Muutusteta	Kerge pinnakahusus
Hinnang	5	5	5	4-5
Regia Premium, 62% WO, 23% PA, 15% WP	Muutusteta	Kerge kahusus. Tumepruunide kiudude lahtised või sasinunud otsad tööproovi pinnal	Kerge või mõõdukas pinna kahusus. Pinnal on palju pruune kiuitsi ning pillialgeid või väikesi pille	Märgatav madal pilling kogu katsetaval alal, kuid pillid on moodustunud üksnes tumepruunide kiududest.
Hinnang	5	4	3-4	3
Drops Sky, 74% WP, 18% PA, 8% WO	Muutusteta	Kerge kahusus.	Kergelt kahune pind, üksikud pillialged	Kerge kahusus. On näha õhulisi pillialgeid
Hinnang	5	4	4	4
Rowan Brushed Fleece, 65% WE, 30% WP, 5% PA	Kahune pind	Pinnal on palju lahtisi kiuitsi ja pillialgeid, mõned väikesed pillid	Mõõdukas pilling: pind on üsna kahune, lühikesed kiuitsad on pinnal või takerdunud, moodustades pisikesi tihedaid pille	Tasane, kuid märgatav pilling: palju väga väikesi tihedaid pille, mida on käega katsudes tunda
Hinnang	4	3-4	3	2
Atmosfera Concept 67% WP, 28% PA, 5% WE	Muutusteta	Muutusteta	Kergelt kahune pind, üksikud pillialged	Kergelt kahune pind, üksikud pillialged
Hinnang	5	5	4	4

6.2.6 Hõõrdekindluse hindamine

Katsemeetod: EVS-EN ISO 12947-2:2016

Katsetingimused: $t = 23,0^{\circ}\text{C}$; suhteline õhuniiskus 40,6%

Hõõrdekoormus: (595 ± 7) g ehk 9 kPa (rõivad, kodutekstiilid)




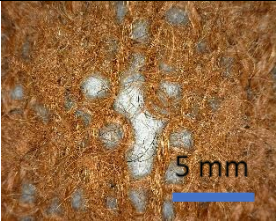
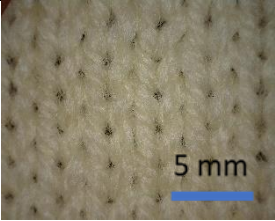


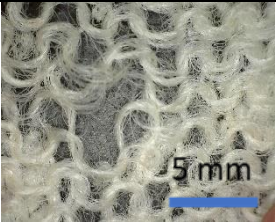
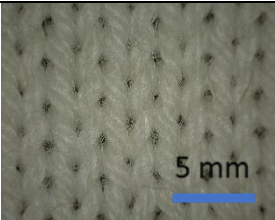
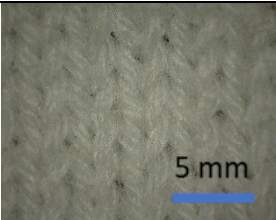


Katseadmena kasutati Martindale hõõrdeseadet ning näide katsetusest on toodud joonisel 40.



Joonis 40. Martindale hõõrdeseade hõõrdekindluse määramiseks [autori foto]

Kuna katsetus on väga ajamahukas, teostati see üksnes valitud tööproovidele: Drops Alpaca Peruu (100% WP), Wile farm Boliivia (100% WP), Maavillane Meriino (100% WE), Maavillane Lambavill (100% WO), Drops Nord (45% WP, 30% PA, 25% WO) ja Regia Premium Alpaca Soft (62% WO, 23% PA, 15% WP). Testi läbiviimiseks lõigati spetsiaalse lõikuriga igast tööproovist üks katsekeha läbimõõduga 38 mm. Kuna tööproovide pindtihedus oli $<500 \text{ g/m}^2$, lõigati ka õhukesest poroloonist samas mõõdus kettad. Lisaks lõigati abrasiivkangad läbimõõduga 140 mm. Katsekehade otsikutele asetatati koormused suurusega 9 kPa. Testimist alustatati intervallisammuga 1000 (hindamisintervallideks 1000-2000-3000-4000-5000-6000). Peale iga hõõrdetsükli vaadeldi katsekehi valguskapis ning märgiti üles muutused, kui neid esines. Seejärel hinnatati katsekehi 20 000 hõõrdetsükli intervallisammuga 2000 jne kuni katsekeha purunemiseni. Katsekeha purunemisel märgitakse tabelisse viimati vaaldedud hõõrdetsükli arv. Hõõrdekindluse katsetulemused on toodud tabelis 11. Hõõrdekindlaimad on 3-komponentsed lõngad, mille lõngad ei purunenud ka 55 000 hõõrdetsükliga. Maavillane Lambavill oli veidi hõõrdekindlam kui Meriino, purunedes vastavalt 48 000 hõõrdetsükliga ning 45 000 hõõrdetsükliga. 100% alpakavillaste tööproovide hõõrdekindlus oli lambavillastest pea poole väiksem. Alpaka- ja meriinovillastel katsekehadel tuvastati peale esimest intervallisammu pilling. Edasisel hõõrdumisel muutus pilling intensiivsemaks ning silmuse purunemishetkeks olid peenvillased katsekehad üsna vildistunud. Hõõrdekatse võrdluspildid on toodud Lisa 8 joonisel 41.

Tabel 11. Hõõrdekindluse katsetulemused

Lõnganimi	Koostis	G _s , g/m ²	Hindamis- intervall	Pilt enne hõõret	Pilt pärast purunemist
Drops Alpaca Peruu	100% WP	448	20000		
Wile Farm Boliivia	100% WP	385	24000		
Maavillane Meriino	100% WE	407	45000		
Maavillane Lambavill	100% WO	427	48000		
Drops Nord	45% WP, 30% PA, 25% WO	428	>55000		
Regia Premium Alpaca Soft	62% WO, 23% PA, 15% WP	423	>55000		

6.3 Katsetulemuste koondtabel ja järelused

Tabel 12. Lõngade ja tööproovide katsetulemuste koondtabel

Nr	Lõngad		Tööproovid								
	Nimi	Koostis	Joon- tihedus, T, tex	Keerdumus keerdu/m	Suhteline katke- venivus, et, %	Suhteline katke- koormus P ₁ , cN/tex	Silmuste arv/dm ²	Gs, g/m ²	Õhuläbi- laskvustegur, l/m ² ·s	Pilling, hinne	Hõõrde- tsüklite arv
1	Drops Alpaca Peruu	100% WP	307	196	15%	7,8	1103	448	1530	4	20000
2	Wile farm Boliivia	100% WP	286	152	15%	7,3	1133	385	1813	2	24000
3	Wile Eesti ja Läti	100% WP	697	137	17%	5,0	453	619	984	3	NA
4	Maavillane Meriino	100% WE	294	135	12%	6,1	1197	407	939	2	45000
5	Maavillane Lambavill	100% WO	278	133	11%	8,3	1088	427	1624	5	48000
6	Lana Gatto SA	50% WP, 50% WE	482	132	9%	5,4	615	490	937	3	NA
7	Novita Alpaca Wool	50% WP, 50% WO	451	121	10%	7,5	585	458	1727	4	NA
8	Drops BA Silk	70% WP, 30% SE	312	96	11%	15,4	1126	459	1043	2	NA
9	Drops Nord	45% WP, 30% PA, 25% WO	301	91	35%	13,6	1045	428	966	4-5	>55000
10	Regia Premium AS	62% WO, 23% PA, 15% WP	308	90	32%	8,8	936	423	1183	3	>55000
11	Drops Sky	74% WP, 18% PA, 8% WO	269	NA	27%	7,4	1056	373	1337	4	NA
12	Rowan Brushed	65% WE, 30% WP, 5% PA	497	NA	33%	3,4	299	323	1421	2	NA
13	Atmosfera Concept	67% WP, 28% PA, 5% WE	381	NA	34%	7,1	455	352	1712	4	NA

Analüüsid graafikuid joonistel 33 ja 37 ning vaadates katsete koondtulemusi tabelis 12, võib järeldada, et suurima suhtelise katkevenivusega on 3-komponentsed lõngad. PA lisamisel villale paraneb selle suhteline katkevenivus olulisel määral. Töös läbiviidud tõmbekatse kinnitas Poolas läbiviidud uuringu tulemusi, kus selgus, et alpakakiud on võrreldes lambakiududega sarnase suhtelise katkekoormusega (katkesitkusega), kuid alpakakiudude suhteline katkevenivus on ligikaudu 10% võrra suurem. Graafikult paistab silma siidi sisaldav alpakalõng, millel on suurima suhtelise katkekoormuse juures pea kõige väiksem suhteline katkevenivus. 100%-lise alpakalõnga suhteline katkevenivus on väiksema suhtelise katkekoormuse juures oluliselt suurem, mis tähendab, et siidi lisamine alpakale muudab lõnga sitkemaks.

Õhuläbilaskvusteguri, pind- ja silmustiheduse katsetulemusi analüüsid selgub, et sarnase pind- ja silmustihedusega 3-komponentsete tööproovide Drops Nord, Drops Sky ja Regia Premium Alpaca õhuläbilaskvustegur väheneb PA sisalduse suurenedes. Kui vaadelda 100%-lisi sarnase pind- ja silmustihedusega tööproove (WE, WO, WP), siis järeldub, et WE õhuläbilaskvustegur on teistest tunduvalt, kohati lausa pea poole võrra väiksem. Meriinovilla kiud on lambavilla kiududest peenemad, kui erinevalt alpakavilla kiududest puudub neil südamik. Arvatavasti on just seetõttu nende õhuläbilaskvus väiksem. Võrreldes 2-komponentseid sarnase keerduvuse, pindtiheduse ja silmustihedusega tööproove 50% WP ja 50% WE ning 50% WP ja 50% WO, siis selgub, et alpaka- ja meriinovillase tööproovi õhuläbilaskvustegur on samuti pea poole väiksem kui alpaka- ja lambavillase tööproovi. Alpakavilla ja siidi seguse tööproovi õhuläbilaskvustegur on samuti väiksem kui 100% WP. Eelnevast järeldub, et meriinovilla segamisel alpakavillaga selle õhuläbilaskvus väheneb. Kokkuvõtlikult:

- WP lõngade suhteline katkevenivus on WE ja WO lõngadest suurem
- PA lisamisel WP segusse paraneb selle suhteline katkevenivus olulisel määral
- SE lisamine alpakale muudab lõnga sitkemaks.
- 100% WP Drops ja Wile: sama joontihedus, keerduvus, koetihedus: Wilel on väiksem pindtihedus ning suurem õhuläbilaskvus.
- Wile Eesti ja Läti (100% WP) on väikse silmustiheduse ja suurima koe- ja pindtiheduse juures, vähese õhuläbilaskvusega.
- Suur joontihedus ja pindtihedus, lauge keerduvus, pigem väike koetihedus Lana Gatto (50% WP 50% WE) ja Novita (50% WP 50% WO): Novital oluliselt suurem õhuläbilaskvus.
- 100% WE, WO ja WP puhul on meriinovilla õhuläbilaskvus teistest poole väiksem.
- Kahekomponentsetes lõngades vähendab meriino alpaka ja lambavilla õhuläbilaskvust ligikaudu poole võrra.
- Üksnes lambavillaga segamine ei vähenda alpakavillase toote õhuläbilaskvust.
- PA %-lisuse suurenedes, väheneb materjali õhuläbilaskvus.

- SE lisamine WP segusse vähendab selle õhuläbilaskvust.
- 100% WP ja 100% WE tööproovid on erinevalt 100% WO tööproovidest suhteliselt suure pillingukalduvusega. 100% WP tööproovile moodustuvad õhulised suured kiutopid sama hõõrdetsükli arvu juures kui meriinole, kuid meriino pillid on oluliselt väiksemad ja tihedad.
- WP segamine PA ja WO-ga vähendab selle pillingukalduvust.
- WP on võrreldes WE, WO ja 3-komponentsete segudega tunduvalt madala hõõrdekindlusega.
- Siid ei paranda segus WP-ga selle hõõrdekindlust ega õhuläbilaskvust.
- 100%-lised WP tööproovid on võrreldes meriino- ja lambavillaste tööproovidega madalama hõõrdekindlusega.
- Suurima hõõrdekindlusega on PA sisaldavad 3-komponentsed tööproovid: alpakavilla segamine PA ja/või lambavillaga suurendab selle hõõrdekindlust.
- Alpakavilla segamine PA või lambavillaga pigem suurendab selle pesus kokkuminekut.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö käigus anti ülevaade alpakavilla iseloomulikust ehitusest, omadustest ja kasutamisest. Alpakavillased tooted on tulenevalt alpakavilla kiudude õhematest katterakkudest ning nende mosaiikmuustrilisest asetusest pehmemad kui peenlambavillakiud. Kuna alpakavilla kiududes esineb säsiikiht ehk õhuõõnsus, siis on alpakavillased tooted oluliselt kergemad ja soojapidavamad, lisaks ka suurema suhtelise katkevenivusega. Alpakadelt saab 3-sorti villa, mis sorteeritakse kohe peale pügamist. Villarasva vähese sisalduse, lauge säbaruse ja ühtlustunud villaku tõttu on alpakavilla töötlemine keerukam kui lambavilla oma. Peamisteks lõpptoodeteks on silmuskoelised materjalid ja –tooted, nt kudumid, pulloverid ja kardiganid.

Alpakalõngade turuanalüüsi käigus tuvastati Eesti käsitöötarvikutega tegelevatest veebipoodidest 119 1-6-komponentset erineva koostise või struktuuriga alpakalõnga. Lambavill kuulub lisaks alpakavillale neist enam kui poolte koosseisu. Luksuskiududest esines alpakalõngades enim siidi ning oluliselt vähem kašmiiri ja mohääri. Angoora-, jaki- ja kaamelivilla esines kõiki ainult ühes lõngas ning sünteeskiududest esines alpakalõngades enim polüakrüülnitriili ja polüamiidi.

Alpakavilla omaduste uurimiseks määrati standardmeetoditel 13 lõnga ja kuliirsilesiduses masinkootud tööproovide joontihedused, keerdumused, suhtelised katkekoormused ja -venivused ning silmustihedused, pesemisjärgsed mõõtmete muutused, õhuläbilaskvustegurid ning hinnati nende hõõrdekindlust ja pillingukalduvust. Töö tulemusena selgus, et alpakavillaste suhteline katkevenivus on suurem kui lambavillal ja meriinol, kuid väiksem 3-komponentsetest ja alpaka-siidisegu lõngadest. Alpaka- ja lambavillaste tööproovide õhuläbilaskvus on meriinost märgatavalt suurem, mistõttu meriino vähendab segus alpakaga selle õhu läbilaskvust. Alpakavilla segamisel siidiga suureneb selle suhteline katkekoormus, kuid väheneb õhuläbilaskvus. selle katke tööproovi õhuläbilaskvustegur on lambavillast suurem. Alpakavilla puuduseks on pillingukalduvus ning mäda hõõrdekindlus. Nende omaduste parendamiseks ning tugevuse suurendamiseks peaks alpakat kasutama segus polüamiidi, lambavilla või siidiga.

ABSTRACT

Although luxury animal fibres, excluding silk, represent far less than 0,1% of global fibre production, they play a very significant role in the luxury, high-valued end of the market, notably the apparel market, being renowned for their special and mostly unique features, such as comfort and softness.

Alpacas are ruminants, the only member of Camelid family bred specifically for their fibres. Alpaca fibre is mainly produced in Peru and also in significant quantities in Bolivia, Chile and Europe. Alpaca population in Estonia has grown lately and farmers are interested in determining its properties to make high-value end products out of them.

Alpaca fibres tend to be finer and less crimped, smoother than wool. Their cuticular scales are thinner and flatter and more widely spread. In the case of alpaca, there is a less distinct difference between the fibre diameter of the outer coat and the down.

This Master Thesis determines the properties of alpaca and wool, and its blends with different polyamide content. The aim of this thesis was to determine how blending with silk, wool, merino and different quantities of polyamide affects alpaca properties. Several different yarns and weft knitted fabric were tested using different standard methods for textiles.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Viikna, A., Tekstiilikeemia I, Ettevalmistusprotsessid, TTÜ kirjastus, 2004
- [2] Morton, W. E., Hearle, JWS. Physical Properties of Textile Fibres, Woodhead Publishing, 4th Edition, 2008.
- [3] Houck, M. M., Identification of textile fibers, Woodhead Publishing, 2009
- [4] Kozłowski, R. M., Handbook of natural fibres Volume 1: Types, Properties and Factors Affecting Breeding and Cultivation, Woodhead Publishing, 2012
- [5] Lewis D. M., Rippon J. A., The Coloration of Wool and Other Keratin Fibres, Wiley Online Book, 2013
- [6] Czaplicki, Z., Properties and Structure of Polish Alpaca Wool, Article in Fibres and Textiles in Eastern Europe 20(1), January 2012
https://www.researchgate.net/publication/266058318_Properties_and_Structure_of_Polish_Alpaca_Wool (07.05.2019)
- [7] Boncamper, I., Tekstiilkiud: käsiraamat, Eesti Rõiva- ja Tekstiililiit, 2000
- [8] Wang, X., Wang, L., The Quality and Processing Performance of Alpaca Fibres, Australian Government Rural Industries Research and Development Corporation, 2003
<https://alpaca.library.com/index.php/fiber-processing/industrial/the-quality-and-processing-performance-of-alpaca-fibres> (14.03.2019)
- [9] Lupton, C., McColl, A., Stobart, R. H., Fiber Characteristics of Huacaya Alpaca, Article in Small Ruminant Research 64(3):211:224, August 2006
https://www.researchgate.net/publication/248445023_Fiber_characteristics_of_the_Huacaya_Alpaca (05.02.2019)
- [10] Muthu, S. S., Gardetti, M., Sustainable Fibres for Fashion Industry Volume 1, Springer Science+Business Media Singapore, 2016
- [11] McGregor, B. A., Quispe, E., Ramos, H. E., Variation of fibre characteristics among sampling sites for Huacaya alpaca fleeces from the High Andes, Article in Small Ruminant Research 102(2-3), February 2012.
https://www.researchgate.net/publication/251605918_Variation_of_fibre_characteristics_among_sampling_sites_for_Huacaya_alpaca_fleeces_from_the_High_Andes (07.04.2019)
- [12] Bradford, A., Facts About Alpacas, Live Science, 2017
<https://www.livescience.com/52668-alpacas.html> (12.03.2019)
- [13] Alpaca Owners Association, Inc., Denver chosen as host of 2017 National Alpaca Show, News in the Fence Post, 2017
<https://www.thefencepost.com/news/denver-chosen-as-host-of-2017-national-alpaca-show/> (22.02.2019)
- [14] Alpaca Registry by Alpaca Owners Association, Inc. (AOA)
<https://www.alpacainfo.com/academy/alpaca-registry> (8.03.2019)
- [15] Amelinckx, A., The Definitive Guide to Raising Alpacas, Modern Farmer, 2015
<https://modernfarmer.com/2015/09/raising-alpacas/> (15.04.2019)
- [16] New England Alpaca Fiber Pool Inc
<https://www.neafp.com/index.php> (25.04.2019)
- [17] ASTM International Standard, ASTM D2252-18 Standard Specification for Fineness of Types of Alpaca
<https://www.astm.org/Standards/D2252.htm> (02.02.2019)
- [18] The Sheperd's Mill, Inc.
<https://www.kansasfiber.com/> (29.02.2019)
- [19] Mara Hoffman e-pood
<https://www.marahoffman.com/> (12.04.2019)

- [20] Peruvian Connection e-pood
<https://www.peruvianconnection.com> (12.04.2019)
- [21] Pauw e-pood
<https://pauw.com/> (12.04.2019)
- [22] Alpaka-pood
<https://www.alpaka-shop.com> (12.04.2019)
- [23] Larodes e-pood
<https://larodes.com/> (12.04.2019)
- [24] Suitsuplly e-pool
<https://eu.suitsupply.com> (12.04.2019)
- [25] Maison Margiela e-pood
<https://www.maisonmargiela.com> (12.04.2019)
- [26] Garnstudio e-pood
<https://www.garnstudio.com> (12.04.2019)
- [27] Aymara e-pood
<http://shop.aymara.be/shop/> (12.04.2019)
- [28] Eesti Standard. Tekstiil. Hooldustähistuse süsteem. EVS-EN ISO 3758:2012. Eesti Standardikeskus.
- [29] Sinclair, R., Textiles and Fashion 1st Edition Materials, Design and Technology, Woodhead Publishing, 2014
- [30] Eesti E-kaubanduse Liidu kodulehekülg.
<https://e-kaubanduseliit.ee/> (17.05.2019)
- [31] Käsitööjaama e-pood
<https://pood.kasitoojaam.ee/> (25.04.19)
- [32] OÜ Karnaluks e-pood
<https://shop.kl24.ee> (25.04.19)
- [33] Yarn lõngad e-pood
<https://yarn.ee> (25.04.19)
- [34] Liann Lõngad OÜ e-pood
<http://www.liann.ee/> (25.04.19)
- [35] Handicraftworldi e-pood
<http://www.handicraftworld.eu/> (25.04.19)
- [36] Pulloveri e-pood
<http://www.pullover.ee/> (25.04.19)
- [37] Koo ja Loo e-pood
<https://www.koojaloo.ee/> (25.04.19)
- [38] Hu, J. Fabric Testing, Woodhead Publishing, 2008
- [39] Mürsepp, R. Kiud ja niidid: laboratoorsete tööde juhend, Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2001
- [40] Viikna, A. Kiuteadus, TTÜ kirjastus, 2006
- [41] Wang, X., Fundamentals of Yarn Technology, Woolwise, The Australian Wool Education, University of New England, 2012
<https://www.woolwise.com/wp-content/uploads/2017/07/Wool> (12.03.2019)
- [42] Eesti Standard. Tekstiil. Lõng pakmelt. Joontiheduse (massi pikkusühiku kohta) määramine vihimeetodil, EVS-EN ISO 2060:2000, Eesti Standardikeskus
- [43] Tuulik, D., Õmblusniidid, Tallinna Tehnikakõrgkooli õppematerjal, 2012
<http://ekool.ttkk.ee/failid/O/objekt/12/omblusniidid/omblusniidid/index.html> (29.03.19)
- [44] Tervonen, A., Kangad, Argo Kirjastus, 2016
- [45] Eesti Standard. Tekstiil – Lõngade keerumuse määramine loendusmeetodil, EVS-EN ISO 2061:2015, Eesti Standardikeskus.
- [46] Eesti Rõiva- ja Tekstiiliit, Rõivamaterjalide omadused ja vead: soovituslikud miinimumnõuded ja katsemeetodid, Tallinn, 2001

- [47] Saville, B. P., Physical Testing of Textiles, Woodhead Publishing, 1999
- [48] Eesti Standard, Tekstiil. Lõngad pakmelt. Katkekoormuse ja katkepikenemise määramine tõmbemasinal, EVS-EN ISO 2062:2010, Eesti Standardikeskus
- [49] Mürsepp, R., Trikotaaži tootmise alused: loengukonspekt õppeaines „Kergetööstuse materjalid ja tehnoloogiad, Tallinna Tehnikaülikooli kirjastus, 1998
- [50] Spencer D. J., Knitting Technology: A comprehensive and practical guide, Third edition, Woodhead Publishing, 2001
- [51] Brackenbury, T., Knitted Clothing Technology, Blackwell Scientific Publications, 1992
- [52] Lawrence, C. A., Advances in yarn spinning technology, 1st edition, Woodhead Publishing, 2010.
- [53] Eesti Standard, Tekstiil. Silmuskoelised materjalid. Silmuste arvu määramine pikkus- ja pindalaühiku kohta, EVS-EN 14971:2006, Eesti Standardikeskus.
- [54] Eesti Standard, Tekstiil. Kangasmaterjalid. Pindtiheduse määramine väikeproovidest, EVS-EN 12127:2000, Eesti Standardikeskus.
- [55] Eesti Standard, Tekstiil. Kangasmaterjalide õhuläbilaskvuse määramine, EVS-EN ISO 9237:2000, Eesti Standardikeskus.
- [56] Eesti Standard, Tekstiil. Mõõtmete pesemis- ja kuivatusjärgse muutuse määramine, EVS-EN ISO 5077:2008, Eesti Standardikeskus.
- [57] Eesti Standard. Tekstiil. Standardkeskkond konditsioneerimiseks ja testimiseks, EVS-ISO 139:2005, Eesti Standardikeskus.
- [58] Eesti Standard, Tekstiil. Riideproovide ja rõivaste ettevalmistamine, märkimine ja mõõtmine mõõtmete muutuse määramiseks katsetes, EVS-EN ISO 3759:2011, Eesti Standardikeskus.
- [59] Eesti Standard, Kangasmaterjalide karustumis- ja pillingukalduvuse määramine. Modifitseeritud *Martindale* meetod, EVS-EN ISO 12945-2:2000, Eesti Standardikeskus.
- [60] Özdil, N., Özcelik, K., Mengüç, G. S., Analysis of Abrasion Characteristics in Textiles, Ege University, Turkey, 2012
https://www.researchgate.net/publication/221928781_Analysis_of_Abrasion_Characteristics_in_Textiles [15.05.19]
- [61] Eesti Standard, Tekstiil. Kangaste hõõrdekindluse määramine *Martindale* meetodil – Osa 2: Katsekeha purunemise määramine, EVS-EN ISO 12947-2:2016, Eesti Standardikeskus.
- [62] Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Amet (PRIA) kodulehekül, Loomade register
http://www.pria.ee/et/Registrid/Loomade_register [15.05.19]
- [63] Wile Alpaca Farmi kodulehekül Facebookis
<https://www.facebook.com/wilealpacafarm> (20.05.2019)
- [64] Villavabrik, Wool Mill koduleht Facebookis
<https://www.facebook.com/muruwillavabrik> (20.05.2019)
- [65] Wile Alpaca Farmi veebilehekül
<https://wile.ee/> (20.05.2019)

LISAD

Lisa 1 Lõngade turuanalüüsi tulemused

Tabel 13. 1-komponentsete alpaka lõngade koondtabel

Nimi	50g hind, €	WP, %
Drops Alpaca	2,35	100
Natirel	4,50	100
Puura talu Alpakavilla lõng	10,00	100
Woolmint Alpaca	5,15	100
Mama Katia	9,50	100
Concept Baby Alpaca	7,90	100
Drops Puna	2,00	100
Viking Eco Alpaca	2,50	100
Sublime Superfine Alpaca DK	5,95	100
HjerteGarn	6,80	100
HjerteGarn Exclusive Alpaca	5,40	100
Wile Farm Boliivia	5,50	100
Alpaka	5,26	100
Sandnes Garn Alpakka	6,25	100
Alpaca Royal	5,75	100
Kokku	15	
Osakaal tervikust	12,6%	
Keskmine	5,7	
Min	2	
Max	10	

Tabel 14. 5-6-komponentsete alpaka lõngade koondtabel

Nimi	50g hind, €	WP, %	PA, %	WO, %	PAN, %	PES, %	SE, %
Scarlett	3,95	11	16	34	24	15	
Alpaca Tweed Schoeller	5,4	26	6	21	18	18	11
Kokku		2	2	2	2	2	1
Osakaal 5-6-komp-st		100%	100%	100%	100%	100%	50%
Osakaal kõigist		1,7%	1,7%	1,7%	1,7%	1,7%	0,8%
Keskmine	4,675	18,5	11	27,5	21	16,5	11
Min	3,95	11	6	21	18	15	11
Max	5,4	26	16	34	24	18	11

Tabel 15. 2-komponentsete alpaka lõngade koondtabel

Lõnganimi	50g hind, €	WP, %	PA, %	WE, %	WO, %	PAN, %	SE, %	WA, %	CO, %
Sandnes Garn Suri Alpakka	9,2	96	4						
Alpaca Superfine	7,5	93	7						
Alpaloop	6,1	89	11						
Concept Kena	9,0	78	22						
Air Alpaca	7,8	54	46						
Timeless Chunky	2,5	10				90			
Concept Cotton-Alpaca	5,0	15							85
Alpaca Classic Rowan	9,5	57							43
Drops BabyAlpaca Silk	3,6	70					30		
Drops Brushed Alpaca Silk	3,6	77					23		
Drops Lace	3,6	70					30		
Woolmint Alpaca Silk	8,0	70					30		
Alpaca Silk Austermann	6,3	80					20		
Silkpaca	10,5	70					30		
Wayra	7,5	70					30		
Urpy	4,5	50						50	
Drops Andes	1,6	35			65				
Drops Flora	1,7	35			65				
Drops Lima	1,7	35			65				
Drops Nepal	1,7	35			65				
Jet Patons	3,4	30			70				
Simbo	4,0	50			50				
Biola Austermann	6,0	30			70				
Novita Alpaca	3,1	50			50				
Vita Alpaca	3,0	40			60				

Lõnganimi	50g hind, €	WP, %	PA, %	WE, %	WO, %	PAN, %	SE, %	WA, %	CO, %
Quinto	3,8	85			15				
Fey	9,0	30			70				
Sandnes Garn Alpakka Ull	5,2	65			35				
Alpaca Wool	4,7	40			60				
Caleido Lace Austermann	7,7	85			15				
Alpaca Classico	4,9	40		60					
Whirligig	8,3	20		80					
Super Alpaca	4,2	50		50					
Paco	3,6	50		50					
Mosso	3,6	50		50					
Lana Eco	3,6	50		50					
Echos	3,6	30		70					
Rowan Fine Lace	7,8	80		20					
Woolmint Alpaca Wool	5,0	70		30					
Rowan Alpaca Soft DK	6,2	30		70					
Lana Gatto Super Alpaca	4,2	50		50					
Kokku	41	41	5	11	14	1	7	1	2
Osakaal 2-komponentsetest		100,0%	12,2%	26,8%	34,1%	2,4%	17,1%	2,4%	4,9%
Osakaal kõigist	34,5%		4,2%	9,2%	11,8%	0,8%	5,9%	0,8%	1,7%
Keskmine	5,3	54,0	18,0	52,7	53,9	90,0	27,6	50,0	64,0
Min	1,6	10	4	20	15		20		43
Max	10,5	96	46	80	70		30		85

Tabel 16. 3-komponentsete alpaka lõngade koondtabel

Lõnganimi	50 g hind, €	WP, %	PA, %	WE, %	WO, %	PAN, %	PES, %	SE, %	WA, %	WS, %	WM, %	WY, %
Rowan Brushed Fleece	7,70	30	5	65								
Velo	1,80	22	30	48								
Luana, Austermann	5,12	14	28	58								
Viking Alpaca Storm	4,50	40	20	40								
Atmosfera Concept by Katia	8,00	67	28	5								
Drops Air	3,45	65	28	7								
Regia Premium Alpaca Soft	4,56	15	23	62								
Mirasol Sulka Nina	8,95	20		60				20				
Woolmint AlpacaMerinoSilk	6,95	50		30				20				
Almeria Austermann	8,35	30		50				20				
Alpaca Silk	6,00	60		30				10				
Rowan Felted Tweed	6,75	25		50					25			
Matiz	5,90	26		4					70			
Drops Sky	3,50	74	18		8							
Fashion Soft mix	7,80	30	45		25							
Lang Novena	8,80	30	20		50							
Firenze	6,50	20	5		75							
Donizetti, Laines du Nord	2,55	30	15		55							
Ice Norsk Fine	2,55	45	30		25							

Lönganimi	50 g hind, €	WP, %	PA, %	WE, %	WO, %	PAN, %	PES, %	SE, %	WA, %	WS, %	WM, %	WY, %
Drops Nord	1,70	45	30		25							
Drops Alpaca Boucle	2,30	80	5		15							
Drops Melody	3,10	71	4		25							
Alpaca Touch	2,70	15			25	60						
Alpaca Gold Madame Tricote	1,51	20			20	60						
Wild	3,35	20			60	20						
Favola	4,60	65			17	18						
Alpaca	3,35	40			40	20						
Alpaca Fine	3,35	40			40	20						
Blazer Melange	1,63	5			75	10						
Corallo, Filati da Collezione	1,79	30			35	5						
Degrade, Laines du Nord	2,69	20			75	5						
Alpaca Fine2	1,65	25			45	30						
Alpaca Royal Alize	1,95	30			15	55						
Greenland Love Garn	1,60	15			50	35						
Meribel, Schoeller+Stahl	4,43	10			50	40						
Chic & Warm, Schoeller + Stahl	4,54	10			15	75						
Inca, Patons	2,75	20			50	30						
Brushed Fleece, Rowan	6,90	30			65	5						
Yarnart Alpine Alpaca	2,23	30			10	60						

Lõnganimi	50 g hind, €	WP, %	PA, %	WE, %	WO, %	PAN, %	PES, %	SE, %	WA, %	WS, %	WM, %	WY, %
Silenzio	1,33	25			25	50						
Highlands Chunky	5,90	8			65	27						
Peru, Katia	2,25	20			40	40						
La Paz	3,1	80			10			10				
Mariana	3,2	30			50						20	
Merino Yak	5,6	15			70							15
Apalux, Laines du Nord	3,1	20			76		4					
Fashion Light Luxury RICO	8,57	74	4			22						
Setal	7,80	75				10		15				
Cocoon	2,90	5				70					25	
Woolmint BabyAlpacaSilkCashmere	8,95	70						20		10		
Alpaca Silver	11,00	73	20				7					
Kokku	51		18	13	33	23	2	7	2	1	2	1
Osakaal 3-komponentsetest			35,3%	25,5%	64,7%	45,1%	3,9%	13,7%	3,9%	2,0%	3,9%	2,0%
Osakaal kõigist	42,9%		15,1%	10,9%	27,7%	19,3%	1,7%	5,9%	1,7%	0,8%	1,7%	0,8%
Keskmine	4,5	35,5	19,9	39,2	40,2	33,3	5,5	16,4	47,5	10,0	22,5	15,0
Min	1,3	5	4	4	8	5	4	10	25		20	
Max	11	80	45	65	76	75	7	20	70		25	

Tabel 17. 4-komponentsete alpaka lõngade koondtabel

Nimi	50 g hind, €	WP, %	PA, %	WO, %	PAN, %	PES, %	SE, %	WS, %	WM, %	WK, %
Kabuto fine	8,95	10		55			25	10		
Kabuto	8,50	10		55			25	10		
Compass	9,10	10		52			28	10		
Singapore	6,90	23	22	30	25					
Fashion Alpaca Wool Mix	2,09	8	10	22	60					
Rosso Alpaka Lineapiu	15,99	36	10	14	40					
Divari	2,05	14		25	30	31				
Fancy Alpaca Rainbow	1,49	15		15	60	10				
Tender Kid	7,42	40	25	15					20	
Siberia	7,08	55	21	12						12
Kokku		10	5	10	5	2	3	3	1	1
Osakaal 3-komponentsetest		100%	50%	100%	50%	20%	30%	30%	10%	10%
Osakaal kõigest		8,4%	4,2%	8,4%	4,2%	1,7%	2,5%	2,5%	0,8%	0,8%
Keskmine	7,0	22,1	17,6	29,5	43,0	20,5	26,0	10,0	20,0	12,0
Min	1,5	8	10	12	25	10	25	10	20	12
Max	16	55	25	55	60	31	28	10	20	12

Lisa 2. Lõngade joontiheduse katsetabel ja arvutused

Tabel 18 Joontiheduse katsetulemused ja arvutused

Nr	Lõnganimi	Koostis	Joontihedus T, tex			Keskmine T, tex	σ , tex
			1	2	3		
1	Drops Alpaca Peruu	100% WP	303,97	307,22	309,85	307	1,7
2	Wile farm Boliivia	100% WP	283,21	288,41	285,87	286	1,5
3	Wile Eesti ja Läti	100% WP	713,18	676,91	701,77	697	10,7
4	Maavillane Meriino	100% WE	302,11	287,44	291,80	294	4,3
5	Maavillane Lambavill	100% WO	278,32	274,77	281,49	278	1,9
6	Lana Gatto SA	50% WP, 50% WE	487,05	485,71	474,67	482	3,9
7	Novita Alpaca Wool	50% WP, 50% WO	455,19	449,29	448,26	451	2,2
8	Drops BA Silk	70% WP, 30% SE	309,61	315,27	311,51	312	1,7
9	Drops Nord	45% WP, 30% PA, 25% WO	300,79	300,96	300,62	301	0,1
10	Regia Premium AS	62% WO, 23% PA, 15% WP	303,85	304,73	315,62	308	3,8
11	Drops Sky	74% WP, 18% PA, 8% WO	274,15	265,42	268,32	269	2,6
12	Rowan Brushed Fleece	65% WE, 30% WP, 5% PA	495,60	500,37	493,74	497	2,0
13	Atmosfera Concept by Katia	67% WP, 28% PA, 5% WE	375,51	390,85	377,36	381	4,8

Lisa 3. Lõngade keerdumuse katsetulemused

Tabel 19. Keerdumuse katsetulemused ja arvutused

Nr	Lõnganimi	Koostis	Keeru suund	Korrutus	Keerdumus, keerdu/m	σ , keerdu/m
1	Drops Alpaca Peruu	100% WP	S	3	196	5,7
2	Wile farm Boliivia	100% WP	S	3	152	5,3
3	Wile Eesti ja Läti	100% WP	S	2	137	5,6
4	Maavillane Meriino	100% WE	S	3	135	8,5
5	Maavillane Lambavill	100% WO	S	2	133	9,1
6	Lana Gatto SA	50% WP, 50% WE	S	3	132	7,9
7	Novita Alpaca Wool	50% WP, 50% WO	S	4	121	6,9
8	Drops BA Silk	70% WP, 30% SE	S	3	96	4,3
9	Drops Nord	45% WP, 30% PA, 25% WO	S	4	91	4,2
10	Regia Premium AS	62% WO, 23% PA, 15% WP	S	4	90	2,5

Lisa 4. Lõngade katkevenivuse ja -koormuse katsetulemused

Tabel 20. Lõngade katkevenivuse ja -koormuse katsetulemused ja arvutused

Nimi	Joontihedus T, tex	Eelpinge, cN/tex	Proovi algpikkus l ₀ , mm	Absoluutne katkevenivus l _t , mm	Suhteline katkevenivus, ε _t , %	σ, %	Katkekoormus P _t , cN	Suhteline katkekoormus P _t , cN/tex	σ, cN/tex
Drops Alpaca Peruu	307	154	523,3	80,5	15%	3%	2400	7,8	0,2
Wile farm Boliivia	286	143	517,4	75,8	15%	3%	2100	7,3	1,0
Wile Eesti ja Läti	697	349	548,1	90,7	17%	2%	3500	5,0	0,4
Maavillane Meriino	294	147	643,3	78,2	12%	1%	1800	6,1	0,3
Maavillane Lambavill	278	139	519,6	56,7	11%	2%	2300	8,3	0,6
Lana Gatto SA	482	241	550,6	47,2	9%	0%	2600	5,4	0,2
Novita Alpaca Wool	451	226	532,8	54,3	10%	1%	3400	7,5	0,4
Drops BA Silk	312	156	531,5	56,7	11%	1%	4800	15,4	0,5
Drops Nord	301	151	547,6	190,4	35%	2%	4100	13,6	0,5
Regia Premium AS	308	154	524,4	165,5	32%	2%	2700	8,8	0,3
Drops Sky	269	135	553,1	149,1	27%	1%	2000	7,4	0,2
Rowan Brushed	497	249	567,3	189,4	33%	1%	1700	3,4	0,1
Atmosfera Concept	381	191	574,9	195,8	34%	2%	2700	7,1	0,4

Lisa 5. Tööproovide silmustiheduse katsetulemused

Tabel 21. Tööproovide silmustiheduse katsetulemused ja arvutused

Nr	Nimi	Koostis	Keskmine silmuspostide arv/cm	Keskmine silmusridade arv/cm	Silmuste arv/cm ²	Silmuste arv/dm ²
1	Drops Alpaca Peruu	100% WP	2,8	3,9	11,0	1103
2	Wile farm Boliivia	100% WP	2,8	4,0	11,3	1133
3	Wile Eesti ja Läti	100% WP	1,7	2,7	4,5	453
4	Maavillane Meriino	100% WE	2,9	4,2	12,0	1197
5	Maavillane Lambavill	100% WO	2,9	3,8	10,9	1088
6	Lana Gatto SA	50% WP, 50% WE	1,9	3,2	6,2	615
7	Novita Alpaca Wool	50% WP, 50% WO	2,0	3,0	5,9	585
8	Drops BA Silk	70% WP, 30% SE	2,9	4,0	11,3	1126
9	Drops Nord	45% WP, 30% PA, 25% WO	2,8	3,8	10,5	1045
10	Regia Premium AS	62% WO, 23% PA, 15% WP	2,6	3,6	9,4	936
11	Drops Sky	74% WP, 18% PA, 8% WO	2,8	3,8	10,6	1056
12	Rowan Brushed Fleece	65% WE, 30% WP, 5% PA	1,3	2,3	3,0	299
13	Atmosfera Concept	67% WP, 28% PA, 5% WE	1,6	2,8	4,5	455

Lisa 6. Tööproovide pindtiheduse katsetulemused

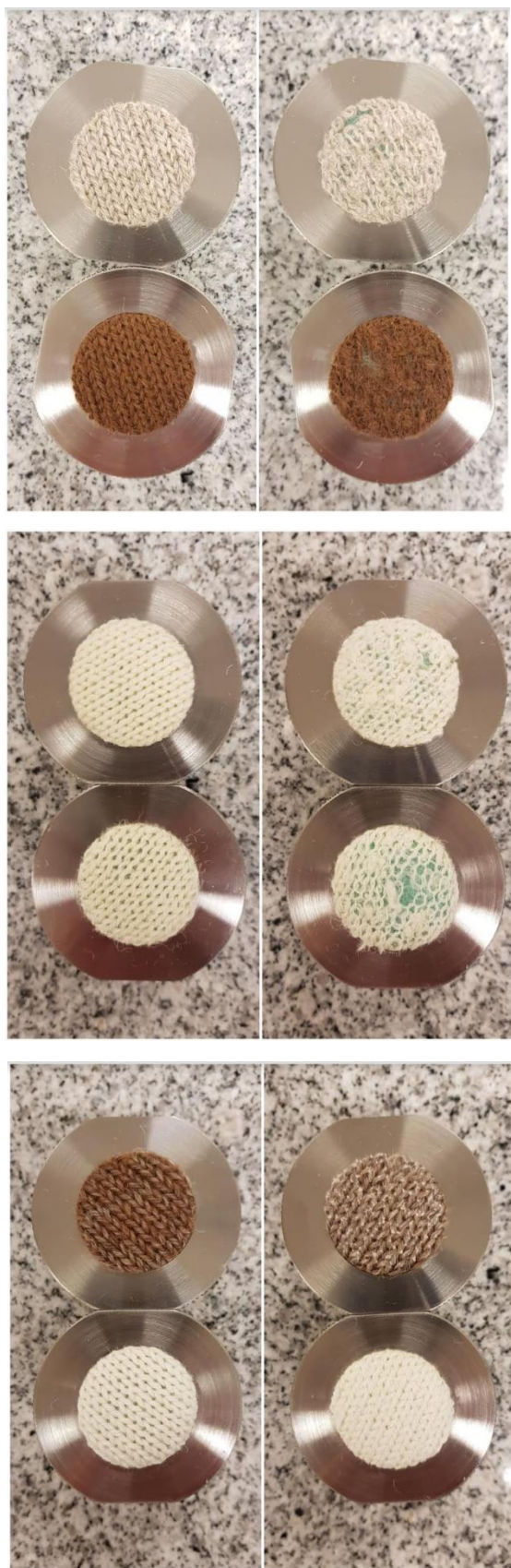
Tabel 22. Tööproovide pindtiheduse katsetulemused ja arvutused

Nr	Nimi	Koostis	a, cm	b, cm	S, cm ²	m, g	G _s , g/m ²	σ, g/m ²
1	Drops Alpaca Peruu	100% WP	15,2	15,7	238,1	10,8	448	4,6
2	Wile farm Boliivia	100% WP	15,2	15,7	238,1	8,9	385	10,0
3	Wile Eesti ja Läti	100% WP	16,0	15,5	248,0	15,4	619	23,5
4	Maavillane Meriino	100% WE	15,1	15,6	234,5	9,6	407	3,9
5	Maavillane Lambavill	100% WO	15,5	14,9	231,0	9,9	427	2,7
6	Lana Gatto SA	50% WP, 50% WE	15,6	15,2	236,1	11,5	490	6,1
7	Novita Alpaca Wool	50% WP, 50% WO	15,6	15,2	236,6	10,8	458	2,5
8	Drops BA Silk	70% WP, 30% SE	15,2	15,4	234,1	10,7	459	4,0
9	Drops Nord	45% WP, 30% PA, 25% WO	15,1	15,3	232,0	9,6	428	13,3
10	Regia Premium AS	62% WO, 23% PA, 15% WP	16,3	15,2	248,3	10,4	423	4,4
11	Drops Sky	74% WP, 18% PA, 8% WO	15,0	14,9	223,5	8,4	373	1,2
12	Rowan Brushed	65% WE, 30% WP, 5% PA	15,0	15,0	225,0	7,1	323	6,5
13	Atmosfera Concept	67% WP, 28% PA, 5% WE	15,2	14,8	224,5	8,1	352	11,6

Lisa 7. Tööproovide õhuläbilaskvuse katsetulemused

Tabel 23. Tööproovide õhuläbilaskvuse katsetulemused ja arvutused

Rõhulang, Pa		100												
A, testitava kanga pindala, cm ²		20												
Nr	Lõnganimi	Koostis	Õhuläbilaskvustegur, l/m ² ·s											σ, l/m ² ·s
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Keskmine	
1	Drops Alpaca Peruu	100% WP	1620	1600	1580	1550	1550	1480	1580	1510	1500	1330	1530	83
2	Wile farm Boliivia	100% WP	1730	1850	1830	1850	1730	1840	1850	1850	1820	1780	1813	49
3	Wile Eesti ja Läti	100% WP	937	1020	1070	1050	1140	1260	908	716	764	972	984	164
4	Maavillane Meriino	100% WE	943	925	862	1020	951	993	960	800	955	980	939	65
5	Maavillane Lambavill	100% WO	1680	1640	1600	1570	1580	1620	1780	1670	1500	1600	1624	75
6	Lana Gatto SA	50% WP, 50% WE	942	825	791	829	1050	903	847	923	1060	1200	937	130
7	Novita Alpaca Wool	50% WP, 50% WO	1720	1730	1690	1670	1820	1620	1790	1770	1760	1700	1727	60
8	Drops BA Silk	70% WP, 30% SE	1070	1000	936	990	1110	1020	1040	1110	1100	1050	1043	57
9	Drops Nord	45% WP, 30% PA, 25% WO	929	886	854	1080	1070	1060	1000	949	898	933	966	82
10	Regia Premium AS	62% WO, 23% PA, 15% WP	1220	1200	1150	1190	1240	1220	1190	1180	1140	1100	1183	42
11	Drops Sky	74% WP, 18% PA, 8% WO	1320	1360	1350	1340	1310	1360	1320	1320	1390	1300	1337	28
12	Rowan Brushed	65% WE, 30% WP, 5% PA	1630	1530	1430	1330	1400	1300	1380	1400	1450	1360	1421	98
13	Atmosfera Concept	67% WP, 28% PA, 5% WE	1750	1780	1740	1780	1630	1670	1700	1630	1650	1790	1712	64



Joonis 41. Hõrdekindluse katsetuse enne (vasakul) ja pärast (paremal) pildid ülevalt alla: Drops Alpaca Peru; Wile farm Boliivia; Maavillane Meriino, Maavillane Lammast; Regia Premium, Drops Nord [autori foto]