

TARTU ÜLIKOOL
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond

Age Raudsepp

**VILLASE KANGA SOOJUSJUHTIVUSE SÕLTUVUS
SIDUSEST JA JÄRELTÖÖTLUSVIISIDEST**

Bakalaureusetöö

Juhendajad: Rünno Lõhmus, PhD

teadur Riho Vendt,
AS Metrosert

Tartu 2013

SISUKORD

SISUKORD	2
1. SISSEJUHATUS	3
2. VARASEMAD UURIMUSED ehk erinevaid viise erinevate kangaste erinevate soojuslike omaduste uurimiseks	5
3. KANGATEHNIKAD JA TÖÖTLUSVIISID ehk kangaste erinevused sõltuvalt tehnikast ja sellest tingituna erinev reageerimine töötlusele	9
3.1 Kangatehnikad	9
3.2 Töötlusviisid	10
4. METOODIKA JA APARATUURI KIRJELDUS	13
4.1 Materjali valik	13
4.2 Kangatehnikad	13
4.3 Kangaste töötlemine	14
4.4 Temperatuuride mõõtmise meetoodika	15
5. TULEMUSTE ANALÜÜS	20
5.1 Muutused kanga tiheduses töötlusviisist ja sidusest lähtuvalt	20
5.2 Soojuslikud erinevused	22
5.3 Järeldused	26
6. KOKKUVÕTE	29
7. SUMMARY	30
8. TÄNUAVALDUSED	31
9. KASUTATUD KIRJANDUS	32

1. SISSEJUHATUS

Riietus täidab meie elus olulist rolli ja muutuvad keskkonnatingimused põhjustavad inimestel vajaduse kaitsta erinevate materjalidega oma keha. Äärmuslikes oludes hakkama saamiseks on välja töötatud kõrgtehnoloogilisi tekstiile, mis püüavad kõikvõimalikes tingimustes välismõjusid minimeerida, samas meie tegevusi toetades. Aastaid eelkõige ainult kosmoses, tippspordis, meditsiinis ja mujalgi kasutusel olnud nn targad tekstiilid jõuavad üha sagedamini tavakasutajani ja seega meie kõigi igapäevaellu.

Vaatamata kõrgtehnoloogiliste sünteetiliste toodete laiale levikule ja kättesaadavusele on looduslikest materjalidest esemed jätkuvalt nõutud, eelkõige tulenevalt oma loodus- ning inimsõbralikkusest. Inimkond ei ole veel valmis loomulikku keskkonda täielikult ignoreerima ning villane materjal on endiselt põhjamaise elanikkonna seas väga populaarne ja laialt kasutatav.

Käesolevas töös on uurimise alla võetud villase kanga soojusjuhtivus, mida hinnatakse kolme erineva kangatüübi puhul, kusjuures, igat kangatüüpi vaadeldakse neljas töötlusastmes. Uuritavate kangaste puhul on eelistatud parema võrdlusmomendi saavutamiseks kangastelgedel kudumist ning ka järeltöötlusviise viiakse läbi tavatingimustes kasutatavate meetoditega. See võimaldab tulemusi paremini üle kanda ja võrrelda reaalsete võimalustega. Samuti ei ole tööstuslikult toodetud kangaste puhul võimalik kindlustada katseobjektide sarnast ajalugu ning seega ei pruugi nende võrdlemine anda piisavalt informatsiooni. Antud töös tehtud eksperimendi puhul on tagatud, et kangaste valmistamisel kasutusel olnud materjal on sama ning pärineb samalt tootjalt, samuti on kasutatud sama kangakudujat. Seega võime olla kindlamad, et võimalikud erinevused katseobjektide termilistes omadustes on põhjustatud just nimelt koetüübist või konkreetsest järeltöötlusviisist.

Käesolevas töös viiakse soojuslikud mõõtmised läbi kontaktsel meetodil. See tähendab, et uuritava kanga pindalaühiku kohta keskmistatud soojusjuhtivuse leidmiseks kasutatakse stabiliseeritud temperatuuriga aluse ja uuritava katsekeha peal oleva raskuse temperatuuride erinevust. Saadud tulemuste võrdlemisel saadaksegi informatsiooni erinevate kangatüüpide soojusjuhtivuslike omaduste kohta.

Töös antakse ülevaade mõnedest varasematest uurimustest ning antud valdkonnas kasutusel olevatest mõõtemetoditest. Seejärel tutvustatakse uurimise all olnud kangaste valmistamisel kasutatud tehnikaid ning kangaste järeltötlusviise. Järgnevad selgitused mõõtemetoodika ja kasutatava aparatuuri kohta ning tulemuste analüüs koos kokkuvõttega.

Antud töö eesmärk on välja uurida, kuidas sõltuvad kanga termilised omadused kangatehnikast ja järeltötlusviisist. Selle jaoks on välja valitud kolm enimkasutatavat kangatüüpi, mis kootakse samast teadaolevast materjalist nii, et kõigi kangaste koe- ja lõimetihedus telgedel kudumisel, sõltumata tehnikast, on võrdne. Teise osana vaadeldi samu kangatüüpe pärast erinevaid järeltötlusi, näiteks pärast loputamist (kerget pesemist) ja vanutamist. Pesemine muudab kanga kohevamaks, sest eemalduvad jääkained – villa enda mustus, rasu, ketrusmasinatel külge jäänud ained jne. Kõige selle tulemusena muutuvad ka kanga soojuslikud omadused. Vanutamine muudab aga kanga tihedamaks ja vastupidavamaks, põhjustades jällegi omaduste muutuse.

Antud töö valmimisele (katseskeemi ehitamine ja kokkuseadmine, katsete läbiviimine, tehniline ning teoreetiline nõustamine jne) aitasid kaasa mitmed inimesed ning kõigi panust eraldi on raske hinnata. Töö autori poolne panus täies mahus on katseobjektideks olnud kangaste kudumine ja nende töötlemine ning joonmõõtmiste läbiviimine ja spetsialistide juhendamisel termiliste mõõtmiste teostamine, samuti tulemuste analüüs.

2. VARASEMAD UURIMUSED ehk erinevaid viise erinevate kangaste erinevate soojuslike omaduste uurimiseks

Tavakaubanduses võib üha sagedamini leida uusi kõrgtehnoloogilisi riideesemeid, mida on mugav kasutada ka ekstreemsetes tingimustes: liigne kuivus-niiskus, soojus-jahedus, liikuvus, lõhn, nende kõikvõimalikud kombinatsioonid jpm. Kuna uute nn tarkade tekstiilide puhul on erinevad omadused üksteisest sõltuvad, siis on huvitavate parameetrite (näiteks soojusjuhtivus ja -mahtuvus) hindamine üsnagi keerukas probleem. Sellegipoolest on läbi viidud mitmeid uuringuid, et saada paremat ülevaadet kasutusel olevatest riideesemetest ning leida võimalikke uusi lahendusi.

Soojusjuhtivuseks nimetatakse termilise energia ehk soojusenergia spontaanset kandumist kuumemalt kehaosalt külmemale kehaosale aineosakeste vastastikmõju tagajärjel, kuni saavutatakse soojuslik tasakaal.

Soojusvoog, mis läbib keha ristlõiget avaldub kui:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kS \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1)$$

kus k on materjali soojusjuhtivustegur; S on materjali ristlõikepindala, mida soojusenergia läbib; ΔT tähistab temperatuuride vahet teepikkuse Δx kohta ning Δx soojust juhtivat teepikkust materjalis. [1] Tekstiili omaduste uurimisel huvitab meid enamasti soojusenergia ülekande kanga ühelt küljelt teisele, niisiis tähistab Δx siinkohal katseobjekti paksust.

Kanga soojusjuhtivuse suhtelise muutuse

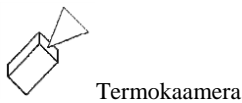
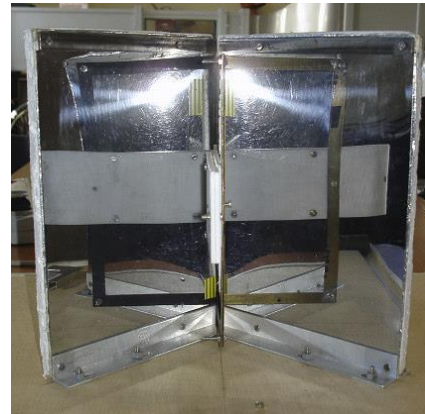
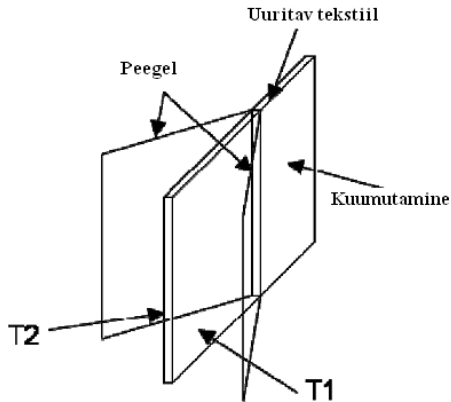
$$\delta k = \frac{k_1 - k_2}{k_2} \quad (2)$$

uurimiseks sõltuvalt kanga töötlemisviisist kasutatakse sama mõõtesüsteemi samadel katsetingimustel. Asendades valemist (1) kanga soojusjuhtivused k_1 enne töötlemist ja k_2 peale töötlemist valemisse (2) saame katse käigus muutumatud suurused \dot{Q} , S ja Δx välja taandada ning soojusjuhtivuse suhteline muutus δk sõltub ainult temperatuurierinevusest ΔT kanga erinevatel külgedel (vt valem 3).

$$\delta k = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} - 1 \quad (3)$$

Kuna soojusjuhtivuse suhteline muutus on otseselt avaldatav temperatuuride vahe kaudu, siis töös selguse mõttes on kõik hinnangud jäetud temperatuuride vahena, kuna see võimaldab esitada kuumaluse temperatuuri.

Tagamaks läbiviidavate mõõtmiste kvaliteeti, tuleb tihti uuringute alguses viia läbi katsed materjalidega, mille omadused on teada. Sageli on selliste võrdlusmõõtmiste puhul kasutusel hoopiski kangast imiteerivad augustatud teflonplaadid, mida saab omaduste varieerimiseks paigutada ka kihiliselt. Elektrit juhtivate tekstiilide modelleerimiseks on kasutatud teflonplaatide vahele lisatud alumiiniumfooliumi. [2]

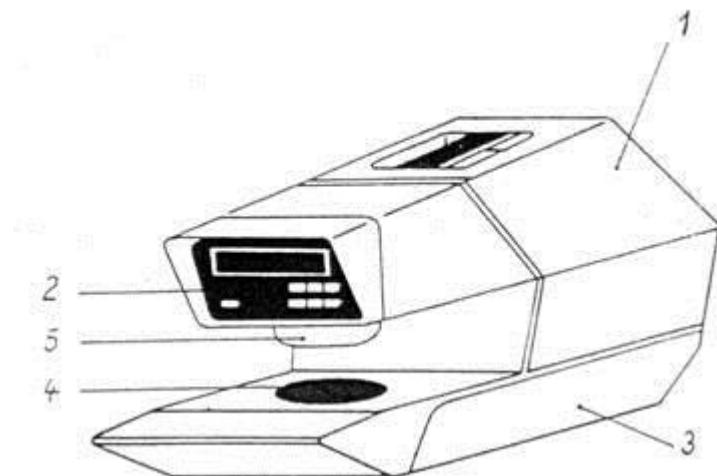


Joon 1. Soojusjuhtivuse mõõtmise katseskeem. [2]

Joonisel 1 on toodud üks võimalik katseskeem niisuguste materjalide termiliste omaduste määramiseks. Mõõtmise läbiviimiseks asetatakse uuritav objekt kahe omavahel täisnurga all oleva peegli vahele samas tagades, et soojendaja ei jää peeglite ees asetseva termokaamera vaatevälja. Selline paigutus võimaldab jälgida soojuspilti samaaegselt materjali mõlemalt küljelt samas kui soojendamine toimub vaid ühelt poolt. Kirjeldatud tingimustel on peeglite ees asetsevas kaameras nähtav soojuse levimine uuritavas objektis nii piki- kui ka ristisuunas. [2]

Türgi teadlaste poolt viidi läbi uuring, mille käigus vaadeldi erinevatest 100% puuvillastest lõngadest valmistatud silmkoeliste kangaproovide soojuslike omadusi (soojusjuhtivus, soojusmahutavus, soojustakistus) ja veeauru suhtelist läbilaskvust. Näidiskudumite valmistamiseks kasutati kolme erinevat koetihedust ning olulisteks parameetriteks olid samuti kasutatud lõnga jämedus ja keeru tihedus. Tulemust mõjutava faktorina arvestati ka seda, kas lõng oli enne ketrust läbinud kammimis- või kraasimisprotsessi. Kraasitud lõngas ei ole kõik kiud samas suunas ning lisaks võib leiduda keskmisest lühemaid kiudusid. Kammitud lõng on märksa siledam ja tugevam ning kiud on samasuunalised. [3]

Lisaks märgiti iga katseobjekti puhul ära silmuse pikkus, kootud kanga poorsus ning paksus. Kangaste soojuslike omaduste mõõtmiste läbiviimiseks kasutati seadet *Alambeta* (*Alambeta* all mõeldakse käesolevas töös kuumalusega seadme tüüpi), mis on kirjeldatud joonisel 2, ja suhtelise veeauru läbilaskvuse mõõtmiseks kasutati mõõteseadet *Permetest*. [3] *Alambeta* mõõteseadme juures on oluline märkida, et mõõtmistel saadakse keskmistatud tulemused.



Joon 2. *Alambeta* mõõtesead (1 – kontroll- ja arvutuskeskus; 2 – kuvariga kontrollpaneel; 3 – raam ja korpus; 4 – mõõteplaat; 5 – mõõtepea. [4]

Katsetulemuste analüüsi põhjal selgus, et mida peenem oli kudumiks kasutatud lõng, seda väiksem oli kanga soojusjuhtivus. Jõuti järeldusele, et saadud tulemus on seletatav kanga paksusega – mida peenemat lõnga kudumis kasutada, seda väiksema paksusega ning ka

hõredam kangas saadakse. Samas tähendas peenem kudumislõng, et kangas lasi paremini veeauru läbi. Kui kangas kootakse peenikesest lõngast, siis väheneb kanga tihedus, sest peenem lõng tähendab lõnga läbimõõdu vähenemist. [3]

Kraasitud kiududest lõnga kasutamine kanga valmistamisel toob endaga kaasa soojusjuhtivuse ja veeauru läbilaskvuse vähenemise. Selle tingib kraasitud kiududest valminud lõnga karvasus, mis võimaldab õhu ligipääsu kiudude vahele. Samuti põhjustavad lõnga töötlusviisid kangaproovi paksuse muutusi. Näiteks on kraasitud kiududest kangas paksem kui samas koguses kraasimata kiududest valmistatud kangas. [3]

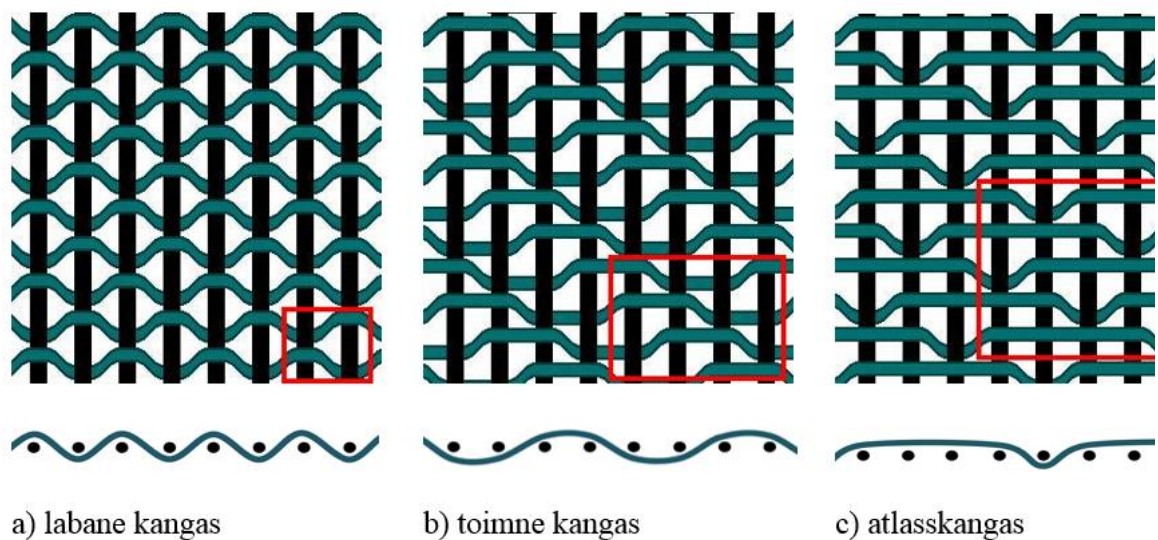
Termiliste omaduste uuringutes on võrreldud ka silmkoelisi kangatüüpe, mille valmistamiseks on kasutatud küll sama lõngajämedusega, kuid erinevast materjalist lõngu (n 100% puuvilla ja 100% kiudpolüestrit). Vaatluse all olnud kangatüüpideks olid parempidine kude, 1-1 soonik ja topeltkude, kõik kasutusel olevad koed annavad tänu oma olemusele pindalaühiku kohta üsna erinevad tihedused. Puuvilla- ja polüestrinäidiste abil läbi viidud mõõtmiste tulemusel jõuti järeldusele, et kanga soojusjuhtivus sõltus eelkõige kasutatavast koest – olles väikseim parempidise koenäidise puhul ja suurim topeltkoe näidise puhul. Saadud tulemus on jällegi seletatav kanga struktuuris leiduva õhu hulgaga. Mida suurem on ühikulisel pinnal olevate kiudude hulk, seda suurem on ka vastava näidise kaal ja õhu hulk väheneb ning soojusjuhtivuse väärtus kasvab. [5]

Niisiis on katseliselt kinnitatud, et erinevate struktuuridega koed annavad nii soojuslike parameetrite kui ka veeauru suhtelise läbilaskvuse mõttes erinevaid tulemusi. [3][5]

3. KANGATEHNIKAD JA TÖÖTLUSVIISID ehk kangaste erinevused sõltuvalt tehnikast ja sellest tingituna erinev reageerimine töötlusele

3.1 Kangatehnikad

Kangas tekib koe- ja lõimelõngade ristlemisel. Igal kangatehnikal on iseloomulik lõngade ristlemine ning erinevus tuleneb peamiselt sellest kui mitme lõimelõnga alt või pealt koelõng jookseb. Algakangastest, milleks on labane, toimne ja atlass, tuletatakse erineval viisil kõik ülejäänud, mistõttu said eksperimentideks valitud just need kangatüübid.



Joon 3. Lõngade ristlemine kangas pealt vaates ja ristlõikes.

Labane kangas on vanima ja lihtsaima rakendusega kangas. Rakenduseks nimetatakse skeemi, kus on välja toodud antud kanga kudumiseks vajalik kangaskeem, mis koosneb vähemalt ühest kirjakorras, niitusest, tallamisest ja sidusest [6].

Labase kanga kudumiseks on vaja kirjakorras kahte teineteisele vastupidi ristlevat lõime- ja koelõnga (joon 3 a). Kirjakord on väikseim osa kangakirjast, kus on esitatud kõik erinevalt ristlevad lõime- ja koelõngad, märgitud joonisel 3 punase kastiga. Koelõng liigub ühe lõimelõnga pealt ja järgmise lõimelõnga alt. Kõik paarisarvulised lõngad ristlevad ühtmoodi ja paarituuravulised neile vastupidiselt. [6]

Labases kangas on koe- ja lõimelõngade ristlemine teiste kangatüüpidega võrreldes kõige tihedam.

Toimsetel kangal sõltub koe- ja lõimelõngade arv erinevalt ristlevate lõngade arvust kirjakorras. Toimset kangast iseloomustavad toimejooned, mis kulgevad diagonaalselt üle kanga (joon 3 b). Ühes ja samas kangas võib olla mitme laiusega toimejooni. [6]

Toimne kiri märgitakse valemi järgi, näiteks $2/3 + 1$. Valemis joone peal olev arv näitab, mitme koelõnga peal ristleb lõimelõng. Joone all olev arv näitab, mitme koelõnga all ristleb lõimelõng. „+1“ tähendab, et järgmine lõimelõng kirjakorras alustab ristlemist ühe koelõnga võrra kõrgemalt. „-1“ tähendab, et järgmine lõimelõng kirjakorras alustab ristlemist ühe koelõnga võrra madalamalt. [6]

Võrreldes labase kangaga, on toimsetes kangas lõngade ristlemine hõredam. Lõngadel on toimsetes kangas pikemad jooksud ning seetõttu tundub sama lõime- ja koetiheduse juures labane kangas toimsetest tihedam olevat, kuigi lõime- ja koelõngade arv pindalaühiku kohta on sama.

Atlass on ühtlase sileda pinnaga kangas, kus on koest või lõimest pikad lõngajooksud (joon 3 c). Lõime- ja koelõngade ristlemiskohad on hõredalt hajutatud. Iga lõimelõng ristleb kirjakorras vaid ühe koelõngaga ja ainult üks kord. Ristlemiskohad hajutatakse nii, et need ei oleks lähestikku ja jääksid kangas pikemate lõngajooksude varju. [6]

Kolme sama tihedusega kootud algkangast kõrvutades näib tänu hõredale ristlemisele atlasskangas kõige hõredam ja kohevam. Mida pikemad lõngajooksud kangas, seda liikuvamad on lõime- ja koelõngad üksteise suhtes ning seda vastuvõtlikum on kangas töötlusele.

3.2 Töötlusviisid

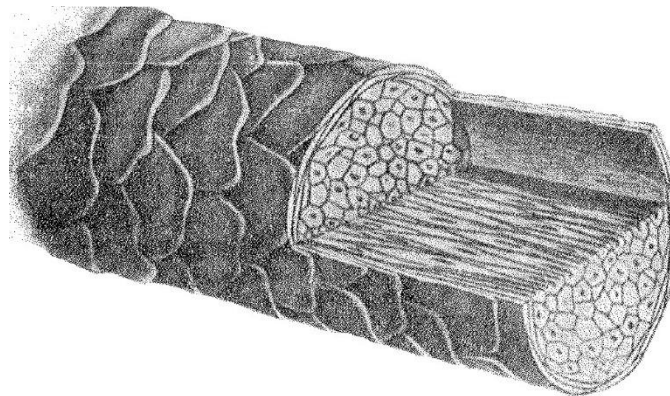
Täisvillaseid (nii lõime- kui koelõngad on villased) kangaid pärast telgedelt mahavõtmist üldjuhul enne edasist kasutamist töödeldakse. Pea kõikide töötlusviiside puhul on esmaseks etapiks kanga **loputamine** (õrn pesemine). Selle käigus eralduvad eelnevalt pesemata lõnga puhul näiteks lõnga sees olnud purud, kõrretükid, tolm, ketrusmasinatest

tingitud jäägid (määrdeained), loomset kiudu kattev rasu (lanoliin) ja kudumisprotsessil lühikeste kiudude eraldumisest tekkinud tolm.

Juhtudel, kui kangast ei ole võimalik pärast kudumist pesta, sest vastasel korral muutuks kanga pind või on oht värvide laiali minekuks (varasemalt näiteks seelikukangad, nüüd mitmesugused kodusisustustekstiilid jm), loputatakse või pestakse kergelt läbi lõngad enne kuduma hakkamist. Töötlemata villaseid kangaid reeglina ei kasutata juba nende „loomuliku“ mustuse tõttu.

Kudumisel on lõng (eriti just lõim) pideva pinge all, mistõttu see venib ja sellest tulenevalt tõmbub villane kangas pärast telgedelt mahavõtmist mõnevõrra kokku. Soe vesi aitab kaasa kiudude esialgse kuju taastumisele, lõng lüheneb ja muutub taas kohevamaks. Seetõttu võivad kanga mõõtmed pärast pesemist muutuda juba märgatavalt, olenevalt kanga rakendusest ja konkreetsest materjalist ligikaudu 5% ja 10%, vastavalt koe ja lõime suunas [6].

Vanutamine muudab villase kanga paksemaks, tihedamaks ja vastupidavamaks, sellest tulenevalt aga ka pindala poolest väiksemaks. Parimad tingimused kanga vanumiseks on leeliselises (või ka happelises) soojas vees. Sellistel tingimustel villase kiu välimise kihi soomused avanevad, mis võimaldab kiududel üksteise külge takerduda (joon 4) [7]. Vähem tähtis ei ole ka kanga mehaaniline liigutamine (hõõrumine/hõõrdumine), mille



Joonis 4. Loomse kiu välispind on soomuseline. [7]

tagajärjel kiud üksteise suhtes nihkuvad, seda tänu avanenud soomustele, mis takistab kiu tagasiliikumist oma esialgsesse asendisse. Villakiudude liikumine vanumisprotsessi

käigus on juhuslik ning kaootiline. Sellest tingituna muutub ka kanga tekstuur. Enne selgelt nähtavad lõngajooksud kanga pinnal võivad muutuda hajusaks ja vaevumärgatavaks. Kui tingimused on soodsad, võib kanga tekstuur sootuks kaduda muutudes ühtlaselt pehmeks viltjaks pinnaks (joon 5). Toimub kanga vanumine.

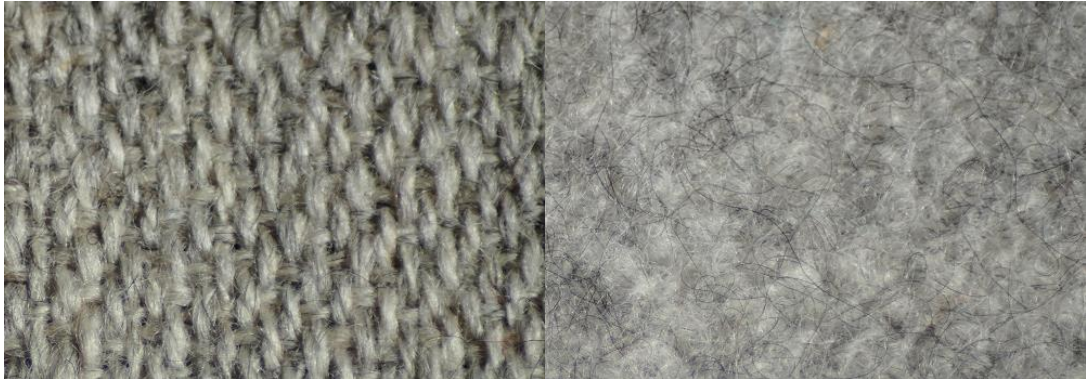


Foto 5. Atlasskangas töötlemata kujul (vasakpoolne) ja pärast vanutamist. Fotod on ligikaudu samas mõõtkavas. Foto suurus u 3×5 cm.

Villakiu soomustel on ketramisel suur tehniline tähtsus, kuna soomused seovad villakarvu üksteisega nagu vastamisi surutud hambulised esemed, mistõttu on võimalus villast kedrata väheste keerdudega pehmet ja kohevat lõnga [8]. Vanumise tulemust aga mõjutavad suuresti lõnga ja kudumi omadused. Mida laugema keeruga on lõng ja mida hõredama koega kudum, seda enam saab kangas vanuda. Oluline on samuti kangatüüp: lõngade hõredal ristlemisel on kiududel võimalik vabamalt liikuda ja seega võib kangas vanuda rohkem. Vanutamisel tuleb silmas pidada, et kanga pikkus ja laius kahanevad ning paksus kasvab märkimisväärselt.

Teades ja tajudes vanutamise protsessi, võib saada samade algkangaste puhul märkimisväärselt erinevaid tulemusi kasutades seda kas siis kanga visuaalselt efektsemaks või soojuslikult efektiivsemaks muutmiseks.

4. METOODIKA JA APARATUURI KIRJELDUS

4.1 Materjali valik

Võttes arvesse looduslike materjalide kasutamise populaarsust, sai eksperimendi läbiviimiseks ja analüüsiks valitud lambavillane lõng. Käsitsi kangakudumiseks tihti kasutatav puuvillane ja linane materjal jäid vaatluse alt kõrvale. Villase lõnga kasuks on ka argument, et just loomse kiu omaduste tõttu on ta kergelt vanutatav ning see tagab tulemuste parema võrreldavuse.

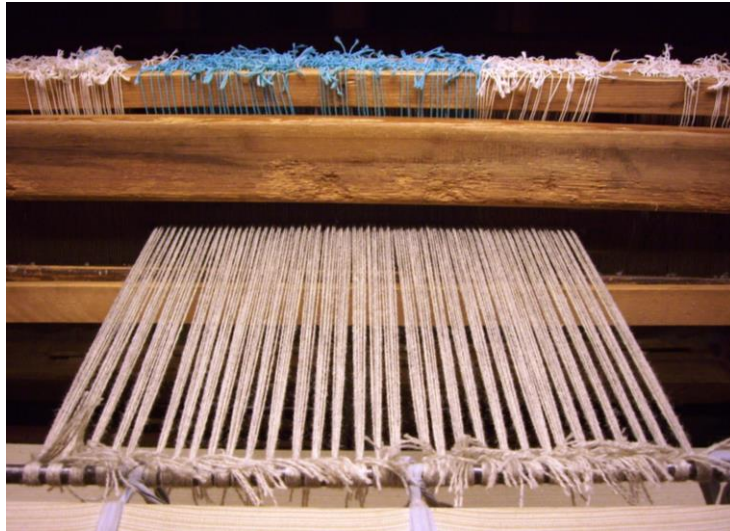
Algmaterjaliks kudumisel on kasutatud Raasiku Villavabrikus kedratud kahekordset hallikasvalget lambavillast lõnga (nr 8/2). Raasiku Villavabriku lõng osutus valituks põhjusel, et tegemist on ühe suurema ketrusvabrikuga Eestis, mis tagab toodangu püsiva kvaliteedi.

4.2 Kangatehnikad

Eksperimendiks valiti kolm algkangast – labane, toimne ja atlass – milledest erinevatel viisidel tuletatakse kõik ülejäänud kangad. Võrreldes valitud kangaste kangapilte (vt joon 3 lk 9), on näha suured erinevused lõnga ristluste tiheduses, mis omakorda põhjustab töötamise tulemusena märgatavad visuaalsed erinevused. Kudumise jooksul niituse muutmise vältimiseks asendati atlass-rakendus poolatlass kangaga rakendusega, mis esimesest oluliselt ei erine, kuid võimaldas kududa vajaminevad kangatükid ühes reas, kangast vahepeal maha lõikamata. Niitus on lõimelõngade niisikutesse seadmise süsteem, mis on igal kangatüübil erinev.

Kanga kudumisel määrab lõimelõngade tiheduse suga. Suga on ühtlaste piivahedega raam, mille vahedest pannakse läbi lõimelõngad, et need kudumise ajal ühtlaselt asetseksid. Soa piide vahekaugus on fikseeritud ning annab seeläbi lõimelõngade tiheduse sentimeetri kohta (joon 6). Soa tiheduse valikul tuli arvestada kõigi kolme kangatüübiga korraga, arvestamata esialgu, et labase jaoks võis see tihe ja atlasskanga jaoks hõre olla. Kõik katseks valminud kangalapid on kootud ühtse kangana, millest tingituna lõimetihedus on jääv. Koelõngade tihedust jälgitakse jooksvalt kudumise käigus, kuid eesmärk on hoida seda võimalikult võrdne lõimetihedusega. Koetihedus sõltub sellest, kui lähedale koelõng soa abil vastu kangast tõmmata, mis oma võimaliku juhuslikkusega põhjustab eksperimendis teatava lisamääramatuse. Kuna viimast on absoluutskaalas raske

hinnata, siis on selle väärtus umbes 5%. Kangalappide esialgseteks parameetriteks telgedelt mahavõtmisel sai arvestatud 20×20 cm. Valitud suurus võimaldab antud töö eesmärki silmas pidades piisava täpsusega arvestada tiheduse suurenemist, jälgida kanga tekstuuri muutusi ja jätab sobiva suurusega servadest tulenevat moonutusteta ala (kangaservad võivad saada rohkem mõjutatud) soojuslike mõõtmiste läbiviimiseks.



Joon 6. Lõim on rakendatud telgedele ja valmis kudumiseks. Lõimede vahekaugused on soa abil fikseeritud.

Igast kangatüübist valmis neli kangalappi, mis pärast telgedelt maha võtmist said mõõdetud (vt tabel 1 lk 21 veerus „enne“): pikkus, laius, lõime- ja koelõngade arv, millest sai arvutatud vastavalt lõime- ja koetihedus enne kanga töötlemist. Kuna valminud kangas on suhteliselt paindlik ja liikuv, siis arvutustes on kasutatud üle kuue mõõtepunkti keskmistatud pikkusi ja laiusi. Mõõdeti joonlauaga, mille hinnanguline täpsus on 0,5 mm.

4.3 Kangaste töötlemine

Kudumisele järgnes kangaste töötlemine. Uurimuse jaoks valmis kõigi kolme kangatüübi (labane, toimne, atlass) kohta neli ehk kokku kaksteist katseobjekti, kusjuures need jagunesid iga kangatüübi korral töötlusviiside järgi (vt joon 15):

- 1) töötlemata kujul;
- 2) leotatud ja kergelt käsitsi pestud (sealjuures kasutati spetsiaalselt villase materjali pesuks mõeldud „Orto“ villašampooni);

- 3) tavaprogrammil masinas pestud (kergelt vanutatud);
- 4) kahel korral tavaprogrammil masinas pestud (tugevalt vanutatud).

Teise variandi, käsitsi leotamise ja pesemise puhul seisid kangatükid pool tundi leiges vees, mille hulka sai lisatud villašampooni ning seejärel kangatükke kergelt liigutades pestud ja loputatud. Pesumasinas pesemisel kasutati tavaprogrammi – pesemine 40 °C juures, loputus ja tsentrifuugimine. Väikese koguse pesemisel on töötlemine masinas veelgi intensiivsem, kuid meil tuleb arvestada, et reeglina soovitakse töödelda suuremaid kangaid, mille käsitsi vanutamine oleks liiga aega- ja vaevanõudev. Kangalapid on ise väga väikesemõõdulised ja neid praktiliselt tühjas masinas pestes oleks saanud võrdluseks sobimatud tulemused. Seetõttu lisati kangaproovid masinatäie pesu hulka.

Pärast erinevaid töötusi ning kangatükkide kuivamist mõõdeti kõikide kangaproovide pikkused ja laiused uuesti üle. Tulemused on esitatud tabelis (vt tabel 1 lk 21 veerus „pärast“). Mõõtmete väärtused said leitud alapeatüki 4.2 lõpus kirjeldatud meetodi abil.

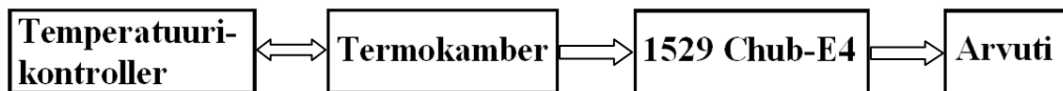
Teise võimalusena oluks teha katseid samade kangatükkidega neljas osas, st mõõtmised oleks võinud toimuda iga kord pärast kanga järgmist töötlust. See omakorda poleks aga jätnud näidismaterjale, mida eksperimendi järgselt kõrvutada ja võrrelda, sest antud töö ülesandeks on soojusjuhtivuse hindamise kõrval jälgida ka tekstuuri muutusi, mis on dekoratiivkangaste juures samuti äärmiselt oluline.

4.4 Temperatuuride mõõtmise metoodika

Kanga soojusjuhtivuse hindamiseks on mitmeid võimalusi, põhinedes nii kontaktsetel kui ka mittekontaktsetel meetoditel. Käesoleva töö eksperimendi läbiviimiseks on ehitatud katseseade põhimõttel, et temperatuuri oleks võimalik kontaktsetel samaaegselt mõõta nii ühelt kui teiselt pool uuritavat kangast. Antud meetod ja mõõteseadmed on valitud seetõttu, et mittekontaktse meetodi ehk termokaamera korral on korrektsete ja võrreldavate tulemuste saamiseks väga oluline õige kiirgusteguri sisestamine mõõdetava objekti puhul, kuid kangaste töötlusel see tegur muutub.

Katseskeem koosneb neljast osast (joon 7, lähemad kirjeldused järgnevad), mis põhimõtteliselt asendab *Alambeta* seadet (vt joon 2 lk 7):

- termokambrist, millesse paigutatakse uuritavad objektid ning milles eksperiment aset leiab;
- termokontrollerist, mis reguleerib massiivse alusplaadi temperatuuri termokambris;
- mõõteseadmest „FLUKE 1529 Chub E4“, mis annab kindla intervalli tagant uuritava katsekeha all ja peal olevate vaskketaste temperatuurinäidud soojusjuhtivuse hindamiseks;
- arvutist, mille ülesanne on salvestada mõõteseadme „FLUKE 1529 Chub E4“ poolt saadud andmed.



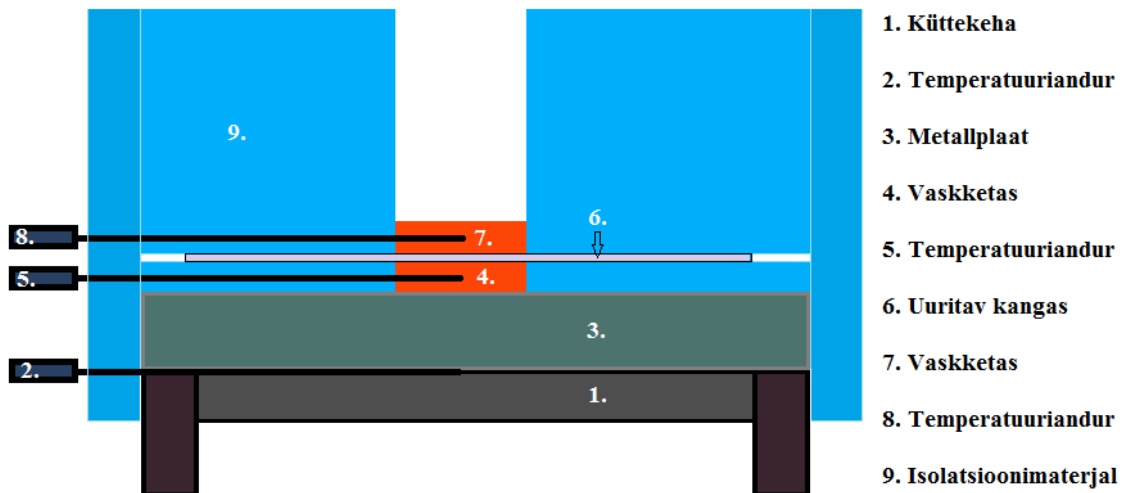
Joon 7. Katseskeemi ülesehitus.

4.4.1 Termokambri ehitus

Juba visuaalsel vaatlusel on tuvastatav, et valdav osa kangaproovidest on üsna sarnase tihedusega. Seetõttu on oluline, et katsetulemused ei saaks ruumis olevatest tingimustest mõjutatud: ruumi erinevad algtemperatuurid erinevatel katsepäevadel, temperatuuri tõus ruumis katse läbiviimise käigus, liikuvad õhuvoolud, mis moonutavad soojusülekande tulemusi jne. Eelnevast tingituna on eksperimendi oluliseks osaks isoleerivast materjalist, *styrofoamist*, ehitatud termokamber. Sellest on valmistatud katsekambri seinad ja erinevate paksustega kihid eksperimendielementide võimalikult lekkevabaks isoleerimiseks. Küttekeha on ohutuse mõttes tõstetud aluspinnast kõrgemale. Samal põhjusel on allpool küttekeha jäetud isoleermaterjalist vaba ava, kuna kogu mõõtmine leiab aset just küttekeha kohal.

Küttekeha peale on omakorda asetatud massiivne rauast 50 mm paksune metallplaat, mille ülesandeks on temperatuuri ühtlustada ja temperatuurimuutusi stabiliseerida. Küttekeha

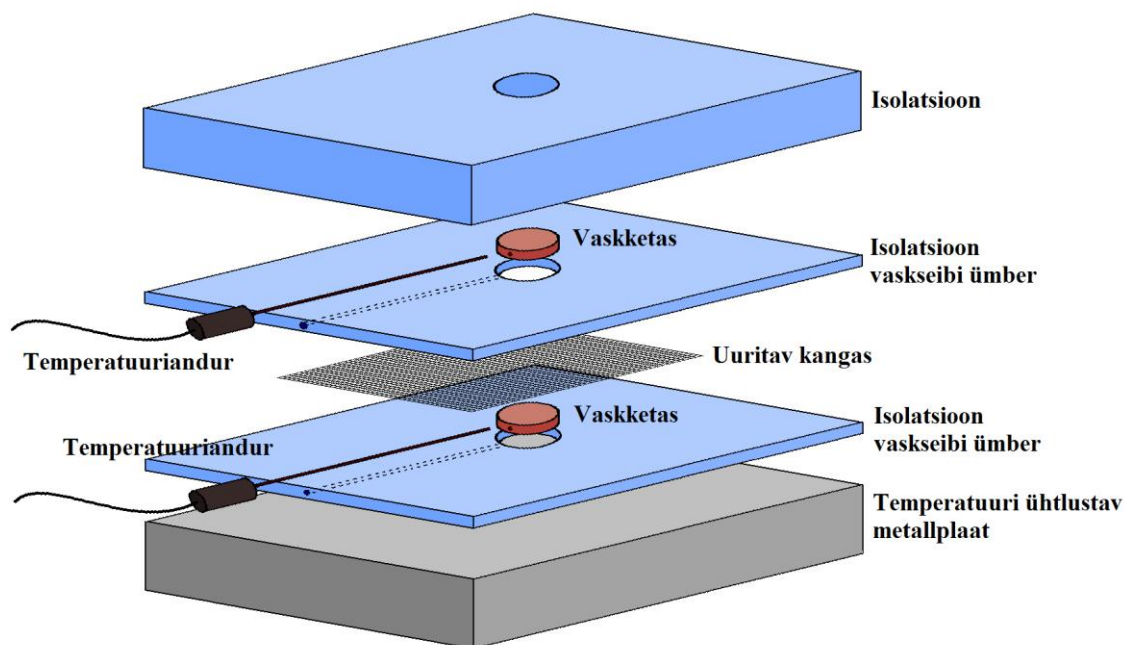
ja metallplaadi vahel on temperatuuriandur stabiilse temperatuuri hoidmiseks termokontrolleri abil (joon 8).



Joon 8. Läbilõige termokambri ehitusest.

Mõlemal pool katsekeha asetsevate vaskketaste temperatuuride mõõtmiseks on eksperimentis kasutatud vardakujulisi platinatakestustermomeetreid (diam 1,6 mm), mille mõõteandur on varda tipus. Kuna uuritav materjal on temperatuurianduri väiksust (võrreldav kudumiseks kasutatud lõnga jämedusega) arvestades nii tekstuuri kui ka tiheduse mõttes äärmiselt ebahühtlane, siis adekvaatsete tulemuste saamiseks on kangas paigutatud kahe identse vaskketta (diam 40 mm, kõrgus 8 mm) vahele. Pealne ketas asetub kangale vaid omaraskusega, mis löi kõigi uuritavate objektide jaoks sarnased tingimused. Kummaski vaskketas on süvend termomeetri mõõtepea juhtimiseks ketta keskele. Vaskketta ülesandeks on keskmistada temperatuur uuritava objekti vastaval küljel. Lisaks temperatuuri ühtlustamisele, annab see ka kõrguse, mis võimaldab termoandureid omavahel isolatsioonimaterjaliga eraldada (joon 9).

Välise keskkonna mõjude vähendamiseks ülemise vaskketta kohal (n katse erinevates faasides õhuliikuvuse erinevus) on termokambris isolatsioonimaterjali paigutatud kõrgemalt, kui ainult vaskketta servani jättes „korstna“ soojusvoo eraldumiseks (joon 8).



Joon 9. Termokambri siseehitus.

Küttekehana on kasutusel 1000 W elektripliidi tööelement, mille maksimumtemperatuur võib tõusta kuni 300° C. Loomsed kiud aga ei talu kuigi kõrgeid temperatuure (lambavill tõmbub kokku kuivas kuumuses temperatuuril 200 – 230 °C, märjas kuumuses temperatuuril 130 °C, [7]). Lisaks kõrgele temperatuurile on probleemiks küttekeha ja tema peal oleva paksu rauast alusplaadi termiline inertsus, mis mõõtmisi oluliselt raskendab. Seetõttu on antud eksperimendi läbiviimiseks vaja temperatuuri stabiliseerimiseks termokontrollerit. Et temperatuurimuutused võimalikult minimaalsed oleks, on küttekeha ühendatud PID-kontrolleriga, mis suudab hoida mõõtmiste käigus temperatuuri vahemikus (74...81) °C. PID-kontroller on n.ö iseõppiv süsteem, mis võtab arvesse konkreetse seadme soojuslikud eripärad või iseärasused ning nendest lähtuvalt saame mõne aja pärast teatavas kitsas temperatuurikoridoris püsiva küttekeha.

Kuigi villast materjali kasutatakse põhjamaades pigem toatemperatuurist jahedamate temperatuuride juures (alla 20 °C), on antud katsed läbi viidud oluliselt (tavaolukorraga võrreldes) kõrgematel temperatuuridel. Töös eeldame, et uuritava materjali soojuslikud omadused on lineaarsed. Madalad temperatuurid oleks nõudnud lisaks termokambri

ehitamisele ka viimast ümbritseva stabiilselt madala temperatuuriga termoruumi tekitamist. Madalatel temperatuuridel võib tekkida aga probleeme juba ka kondensatsiooniga.

4.4.2 FLUKE 1529 Chub E4

Mõõteseadmeks oli katsete läbiviimiseks kasutada FLUKE 1529 Chub E4 mõõteandmeid salvestav temperatuurinäidik koos kahe kalibreeritud takistustermomeetriga (PT100). Seade ühendati arvutiga, milles andmete salvestamiseks kasutati programmi MS Excel. Vastavalt temperatuurimõõtesüsteemi kalibreerimisandmetele on mõõtepiirkonnas (-40...+200) °C temperatuuri mõõtmise laiendmääramatus 0,006 °C (tõenäosusnivool 95%, kattetegur $k=2$). [9].

Kuna käesolevas töös on muude tegurite täpsus oluliselt väiksem, siis temperatuurimõõtmistes määramatus katsetulemustele mõju ei avalda.

Katseskeem seati üles ning termilised mõõtmised viidi läbi AS-s Metrosert. AS Metrosert on Eesti metroloogia keskasutus, mis tegeleb mõõtevahendite kalibreerimise ja taatlemise, metroloogia-alase koolituse ning juhtimissüsteemide ja toodete sertifitseerimisega. AS Metrosert hoiab ja arendab riigietalone. [10]

5. TULEMUSTE ANALÜÜS

5.1 Muutused kanga tiheduses töötlusviisist ja sidusest lähtuvalt

Töötlustingimustest sõltuvalt (kestvus, intensiivsus, temperatuur) saavad mõjutatud vaatluse all olevatel kangastel pikkus ja laius ning sellest lähtuvalt ka lõime- ja koetihedus. Ootuspäraselt näitavad tulemused, et mida enam villast kangast pesta ja vanutada, seda väiksemaks ja tihedamaks see muutub (tabel 1). Kuna lõimetihedus on otseselt seotud kanga laiusega ja koetihedus pikkusega, siis on näha selge sarnasus vastavate väärtuste vahe protsendiveergudes. Tihedus on antud töö mõttes joonmõõtmetest olulisem kanga omadus. Võttes vaatluse alla lõimetiheduse, on selgesti jälgitav, kuidas sama kangatüübi intensiivsema töötluste läbinud lapid on märksa tihedamad. Näiteks toimse kanga puhul on tiheduse kasv esialgsega (töötlemata kangaga)

Tabel 1. Kangaste mõõdud (cm-tes) enne ja pärast töötlusprotsessi läbimist ning vastavate suuruste vahed protsentides.

		laius			pikkus			lõimetihedus			koetihedus		
		enne	pärast	vahe %	enne	pärast	vahe %	enne	pärast	vahe %	enne	pärast	vahe %
töötlemata	labane	19,2			19,8			6,6			6,5		
	toimne	19,4			19,3			6,5			6,5		
	atlass	19,4			19,1			6,6			6,1		
loputatud	labane	19,4	19,1	1,4	19,8	19,3	2,2	6,6	6,7	1,4	6,5	6,7	2,3
	toimne	19,2	18,8	2,0	19,2	18,5	3,5	6,6	6,8	2,1	6,5	6,7	3,5
	atlass	19,3	19,0	1,6	19,0	18,3	3,6	6,3	6,7	7,2	6,2	6,4	3,7
pestud	labane	19,2	18,8	2,0	19,9	19,5	1,9	6,6	6,8	2,1	6,6	6,8	2,0
	toimne	19,2	17,1	10,6	19,9	18,1	9,2	6,6	7,4	11,9	6,8	7,5	10,2
	atlass	19,3	16,2	15,8	19,0	16,2	14,4	6,5	7,8	18,8	5,9	6,8	16,8
2x pestud	labane	19,2	18,0	6,6	20,0	18,3	8,5	6,7	7,1	7,0	6,1	6,7	9,3
	toimne	19,0	16,0	15,6	19,7	16,8	14,9	6,6	7,9	18,5	6,4	7,6	17,5
	atlass	19,7	15,5	21,3	18,9	14,8	21,7	6,7	8,2	22,4	5,9	7,5	27,8

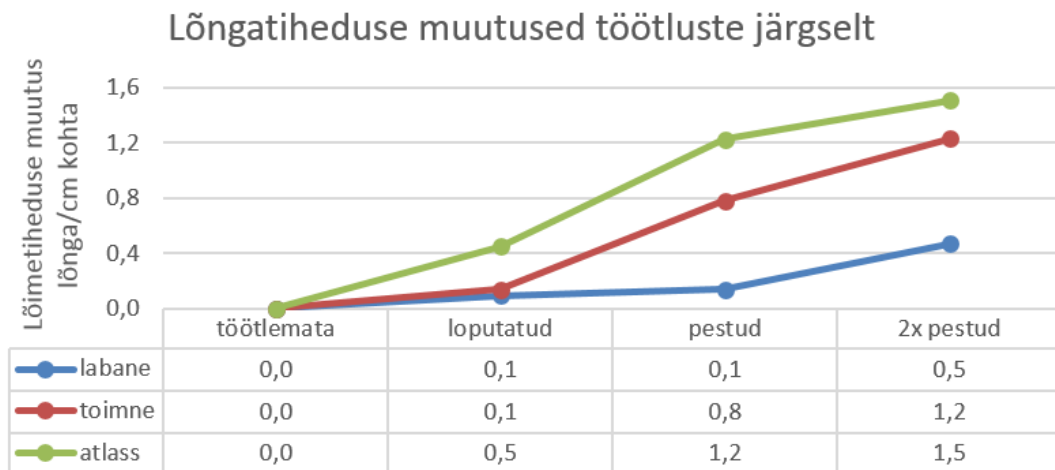
võrreldes loputamise järgselt 2%, esimese pesu läbides juba ligi 12% ja kahest pesust läbi käinuna lausa üle 18%. Labase kanga juures, mis on tihedate lõngaristlustega, näeme vastavate töötluste korral väiksemaid muutusi, atlasskangal, kus lõngaristlused on teiste uuritavate kangatüüpidega võrreldes kõige hõredamad, aga märgatavalt suuremaid. On selgelt jälgitav, kuidas hõredamate lõngaristlustega kangas on altim vanuma, kuna lõngad ei ole tihedalt üksteise vastu surutud ja nende vahel on liikumisruumi ning kiudude jaoks liikumisvabadust. Kui võrrelda kangatüüpe numbrites, siis kaks korda masinas läbi pestud

labase ja toimse kanga lõimetiheduse muutuse vahe on rohkem kui 2,5 korda, labast atlasskangaga võrreldes juba peaaegu 4-kordne.

Kuna valminud kangas on suhteliselt paindlik ja liikuv, siis arvutustes on kasutatud üle kuue mõõtepunkti keskmistatud pikkusi ja laiusi. Määramatus on hinnanguliselt 5%, kus on arvestatud nii mõõtevahendist tingitud määramatust kui ka standardhälvet.

Tulemustest on näha lahknevus ka kanga eri suundades – lõime ja koe suunas – kokkutõmbumise vahel. Tiheduste kasvu erinevus on ennekõike tingitud asjaolust, et lõimelõng oli telgedel kudumise ajal pidevalt pinges ja venis seetõttu esialgu rohkem välja, kuid märgtöötlusel taastus ka kiudude esialgne olek, mis omakorda lisandus vanumisest tingitud kokkutõmbumisele.

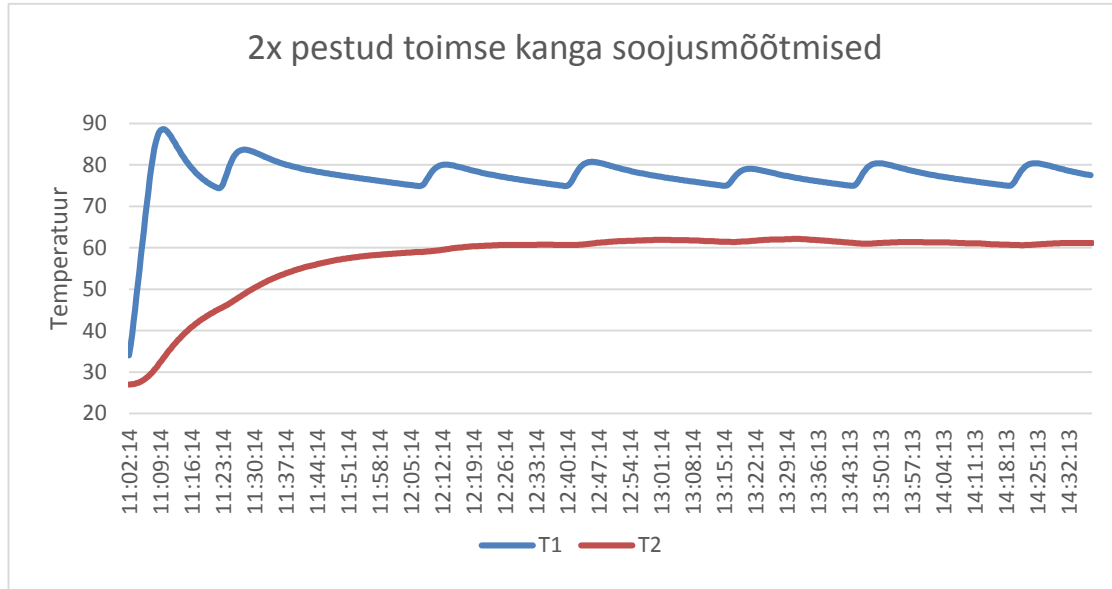
Nähes märkimisväärseid erinevusi töötlemata ja erinevalt töödeldud kangaste tiheduste vahel (joon 10), võib eeldada ka soojusjuhtivuse olulist muutust nii erinevate töötlusviiside kui ka kangatüüpide vahel.



Joon 10. Lõngatiheduse muutus eri kangatüüpidel erinevate tööstustega.

5.2 Soojuslikud erinevused

„FLUKE 1529 Chub E4“ edastab iga 20 sekundi tagant arvutile temperatuurid kanga vastaskülgedelt. Et aga nii küttekeha kui soojust ühtlustav metallplaat omavad termilist inertsust, nõuab süsteem aega stabiilsesse olekusse jõudmiseks (joon 11). Stabiilses vahemikus inertsuse tõttu tekkinud sakid arvutusteks keskmistati.



Joon 11. Temperatuuride erinevus kummalgi pool kangast, kus T1 on otsekontaktis soojendava metallplaadiga ehk temperatuur uuritava objekti soojendatavalt küljelt, T2 on temperatuur vastasküljelt.

5.2.1 Töötlemata kangad

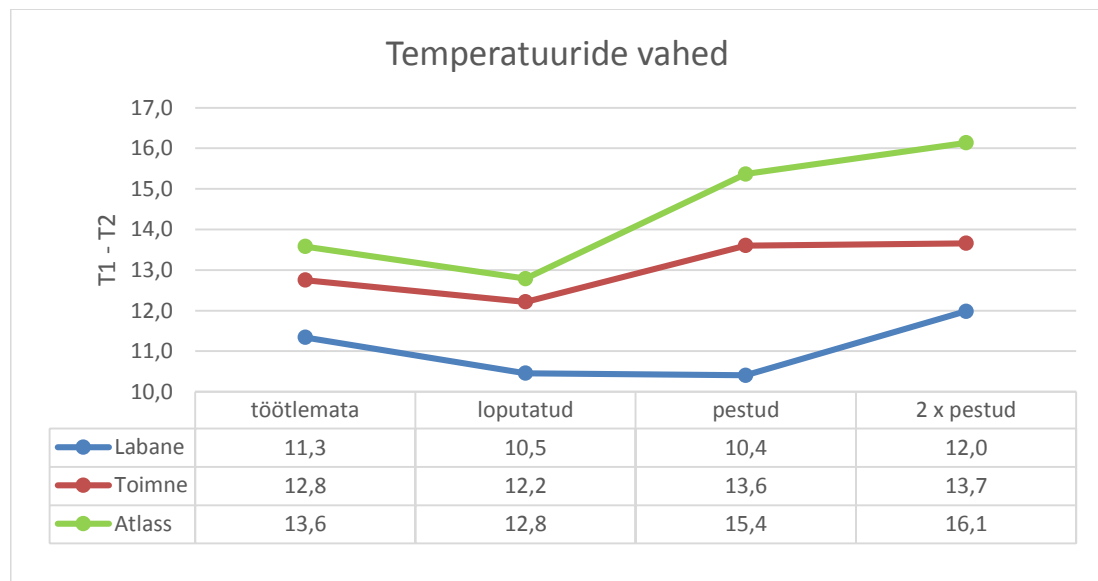
Mõõtmistulemustest on näha, kuidas tööks valitud kangatüüpidel on juba töötlemata kujul temperatuuride vahe (kanga alumisel küljel, mis on vastu soojusallikat T1 ja pealmisel, avatud küljel T2) erinev kasvades suunal labane, toimne, atlass (tabel 2, joon 12). Olgu siin kohal veel kord märgitud, et nii lõime- kui ka koetihedus ehk lõnga kogus pindalaühiku kohta on töötlemata kangaste puhul sisuliselt võrdne. Temperatuuride vahede võrdlusest näeme, kuidas labase kangaga võrreldes on toimse kanga temperatuuride vahe kasv 12%, atlasskangaga võrreldes ligi 20%. Siit järeldub, et juba töötlemata kujul sama lõngatiheduse juures on atlasskangas toimse ja labase kangaga võrreldes soojapidavam kangatüüp. See kehtib ilmselt aga vaid nii kaua, kuni ei lisandu

muid tegureid, nagu liikuvad õhuvoolud, niiskus jt, mis tulemusi omakorda mõjutaksid, kuid antud töös lisatingimusi uurimise alla ei võetud.

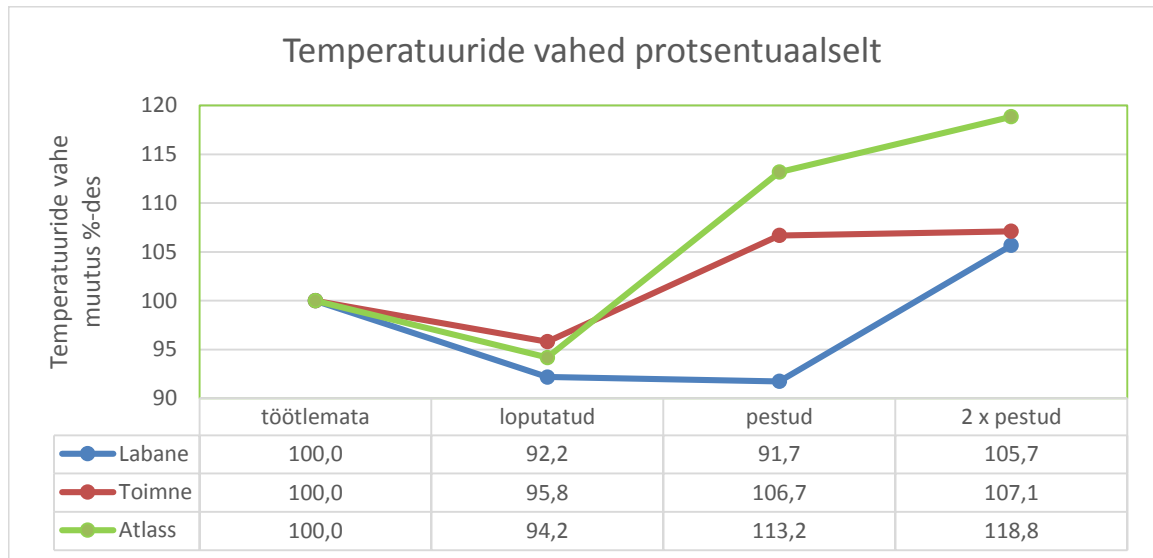
Tulemus on seletatav lõnga ristluste tiheduste erinevustega vastavates kangastes. Soojus levib piki kiudu oluliselt tõhusamalt kui omavahel kokkupuutes olevate kiudude vahel, kus määravaks teguriks on hea soojusisolatsioon – õhk. Viimane on tingitud ka villakiu säbarusest mis ei võimalda kuigi vahetut omavahelist kokkupuudet erinevate kiudude vahel. Säbarus tuleneb kiu välimise kihi osade vahelise pinge erinevusest ning tingib kiu lainelisuse, tänu millele on lambavillast valmistatud tooted kohevad, mis omakorda lisab villasele tootele soojapidavust. [7]

Tabel 2. Andmed temperatuuride näitudega kummalgi pool kangast, temperatuuride vahed ning temperatuuride vahe protsentuaalselt normeerituna töötlemata kangast.

	Labane				Toimne				Atlass			
	T1	T2	T1-T2	%	T1	T2	T1-T2	%	T1	T2	T1-T2	%
töötlemata	77,2	65,8	11,3	100,0	77,0	64,2	12,8	100,0	77,2	63,6	13,6	100,0
loputatud	77,2	66,7	10,5	92,2	77,3	65,1	12,2	95,8	77,3	64,5	12,8	94,2
pestud	77,3	66,9	10,4	91,7	77,0	63,4	13,6	106,7	77,4	62,0	15,4	113,2
2 x pestud	77,5	65,5	12,0	105,7	77,1	63,5	13,7	107,1	77,4	61,3	16,1	118,8



Joon 12. Erinevate kangatehnikate temperatuuride vahed sõltuvalt töötlusviisist.



Joon 13. Temperatuuride vahe erinevus protsentes, mis on normeeritud töötlemata kanga suhtes.

5.2.2 Loputatud kangad

Kõikide vaatluse all olevate kangatüüpide (labane, toimne, atlass) puhul on näha, kuidas loputatud kanga puhul temperatuuride vahe kanga eri külgedel võrreldes töötlemata kangastega teataval määral väheneb. Erinevate katselappide visuaalsel hindamisel on selgelt näha, kuidas töötlemata kangad erinevad loputatud ja pestud kangastest nii tiheduse kui ka värvi poolest, olles algsest tihedamad ning kollakashallid, kui ülejäänud on külma helehalli tooniga (villakiudude oma värv). Niisamuti on vahe märgatav kangaid katsudes, kus töötlemata kangad on tuntavalt rasvased (lanoliinirikkad) ja ka jäigemad. Põhjuseks on enne loputust lõnga katnud jääkide – villa enda mustus, lanoliin, ketrusmasinatest külge jäänud määrdeained, tolm – eemaldumine loputusprotsessis. Kuigi lõnga katvate jääkainete ja kudumisel tekkinud lõngatolmu roll soojuse juhtimise seisukohalt võiks paista tühine, on see numbrites siiski märgatav, andes labase kanga puhul vähenemist rohkem kui 7%, toimse korral üle 4% ja atlassil üle 5% (tabel 2, joon 13).

Tavapraktikas villased materjalid pestakse just nendes sisalduva mustuse tõttu ja mõnedel juhtudel ka kanga kohevamaks muutmise eesmärgil. Kui seda ei ole võimalik teha pärast kudumist (sõltuvalt tekstiili otstarbest), siis tehakse seda enne, pestes kudumiseks

minevaid lõngu. Milline vahe on enne kuduma hakkamist pestud lõngaga kootud kangal ja kudumisjärgselt pestud kangal, antud eksperiment ei käsitle.

5.2.3 Pestud kangad

Pesemisel saavad kangalapid intensiivse mehaanilise töötuse osaliseks. Kuna see toimub sooja vee ja pesuvahendi koosmõjul, siis villane kangas vanub (vt kirjeldust vanutamise kohta lk 11).

Vanumise käigus kaovad selged lõngajooksud (kiukimbud) kanga pealmise ja alumise pinna vahel, mis olid justkui otsekanalid soojuse juhtimiseks kanga soojemalt küljelt kanga jahedamale küljele. Mida suurem vanumine, seda kaootilisemalt paiknevad kiud. Kiudude vahelise õhu hulk ruumalaühiku kohta võib vanutatud kangal olla küll algsest väiksem, kuid samas on see ühtlasemalt jaotunud ning täidab vanutatud kanga sisemust ühtlasemalt tekitades palju väikeseid „õhukambrikesi“.

Labase kanga tihedast lõngaristlusest tulenevalt tuleb seda vaadata teistest valitud tehnikatest eraldi, sest toimuvad teistlaadi muutused kui toimse ja atlasskanga puhul. Nagu eelpool öeldud, on labases kangas sama tiheduse juures lõngade ristluste arv väga suur teiste kangatüüpidega võrreldes. Töösse valitud kangatihedus tingis labase kanga puhul selle, et lõngad põimusid tihedalt üksteise vahelt läbi jätmata kiududele lõngas vanumiseks hädavajalikku liikumisvabadust. Kaootilise ümberpaiknemise asemel muutub labase kanga pinnastruktuur teistest kangatüüpidest erinevalt moodustades



Joon 14. Vanutatud labase kanga pind. Pildi suurus 5×7 cm.

diagonaalsuunalisi pinnast eenduvaid faktuure (joon 14). Hõredama soa korral poleks sellist struktuurimuutust toimunud. Sama kehtib teataval määral ilmselt ka teiste

kangatüüpide kohta, kus piisava koe- ja lõimetiheduse juures hakkab kangas vanumise asemel moodustama enduvaid mustreid vastavalt lõngaristluste paiknemisele kangas.

Labase kanga faktuur on vanumisprotsessi käigus tunduvalt muutunud ja seetõttu on kangapinnale tekkinud vaod, mis omakorda takistavad soojusliikumist, sest lõngaristlused, mis jäävad vao põhjadeks, ei oma kokkupuudet temperatuuri mõõtmist abistava ülemise ketta ja neil, mis on vaoharjadeks, puudub kontakt alumise, vastu küttekeha oleva temperatuuri mõõtmist vahendava kettaga.

Teistest kangatüüpidest erineva faktuurimuutuse tõttu (kanga pinnal moodustuvad kangapinnaga risti diagonaalsuunalised mustrid) antud töös pestud ja 2x pestud labaseid kangalappe ei käsitle.

Erinevalt labasest kangast, on tööks valitud kangatiheduse juures toimises kangas ja atlasskangas lõngadel (ning kiududel nendes) piisavalt liikumisvabadust, et tugeva töötluse korral saaks toimuda vanumine. Toimse kanga juures on pärast ühekordset pesemist töötlemata kangaga võrreldes näha üle 6%-list temperatuuride vahe tõusu. Teise pesemise järgselt olulist tõusu ei ole märgata. Põhjus on ilmselt selles, et igal kangatüübil on olemas piir erinevate kangatiheduste juures, millest suuremat kokkutõmbumist ja vanumist sisulist ei ole võimalik saavutada ja antud eksperimendis jõuti selle piirini. Töötlemata kangaga võrreldes kasvas temperatuuride vahe toimse kanga kahekordse pesemise järel 7,1%.

Atlasskanga temperatuuride vahe kasvas töötlemata kangaga võrreldes esimese pesuga lausa 113,2% ning teise pesu järgselt lisandus veel 5,6%. Kokku kujunes temperatuuride vahe tõusuks töötlemata kangalapiga võrreldes lausa 18,8%.

5.3 Järeldused

Katseliselt sai kinnitatud, et villase kanga järeltöötlemine (loputamine, pesemine, vanutamine) mõjutab suuresti kanga (ka lõime- ja koe-) tihedust ning sellest tingitult ka soojuslikke omadusi.

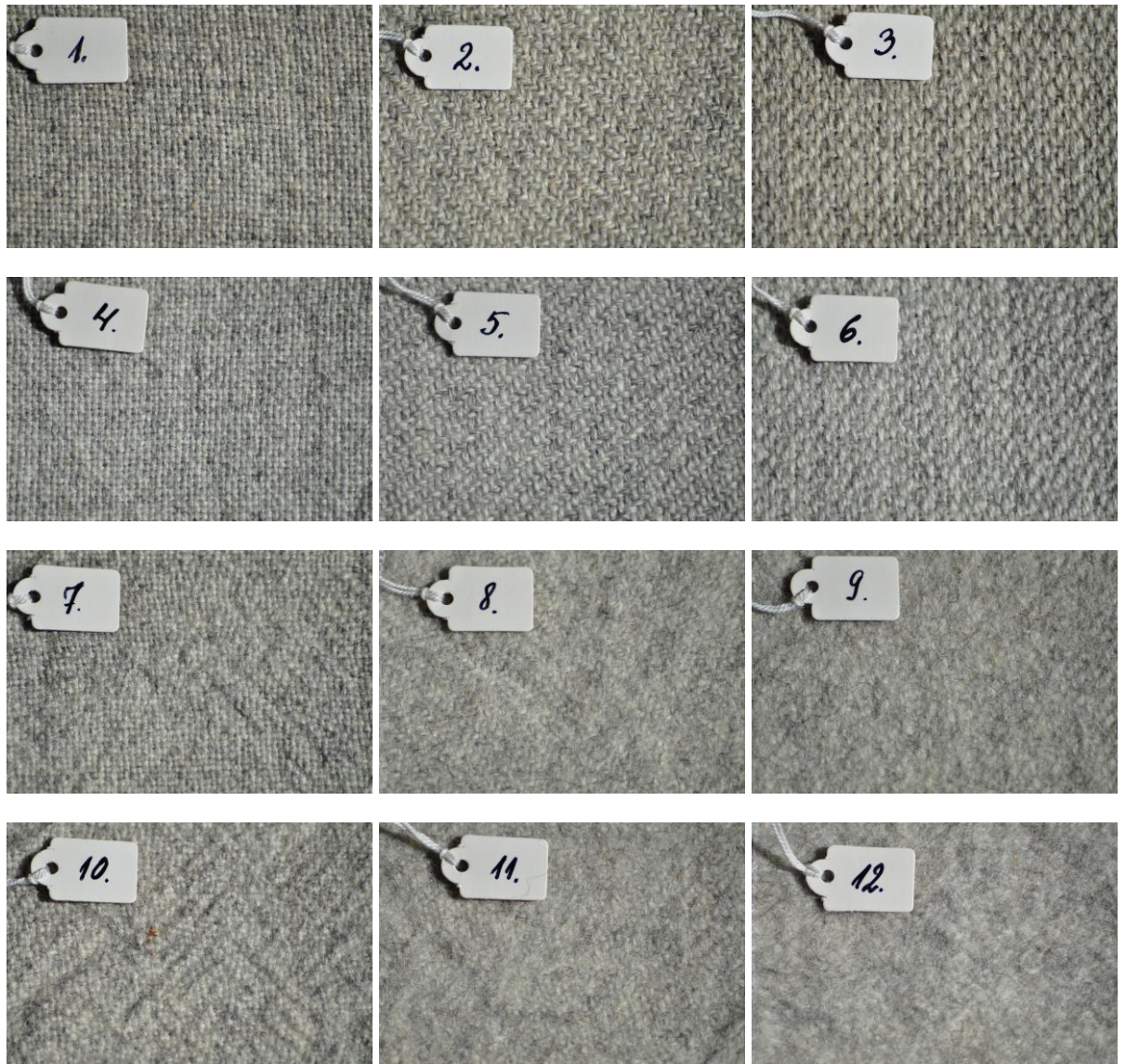
Vaatluse all olnud kolmest koetüübist (labane, toimne, atlass) kõik näitasid soojusjuhtivuse vähenemist töötluse intensiivsuse kasvu suunal. Töötlemisest lasid ennast

enim mõjutada toimne ning atlasskangas, mis on oma olemuselt algselt hõredama lõngaristlusega.

Nii võib öelda, et järeltöötlus mõjutab kanga soojusjuhtivuslikke omadusi seda enam, mida hõredama lõngaristlusega koega on tegemist. Loputamisprotsess andis esialgu kõigi kangatüüpide puhul mõningase vähenemise temperatuuride vahes, mis oli tingitud villa mustuse, jääkainete, tolmu jm eraldumisest. Täpsemad temperatuuride vahede muutused

Tabel 3. Keskmine temperatuuride vahe %-des normeerituna töötlemata kangast.

	loputatud	pestud	2x pestud
labane	92,2	91,7	105,7
toimne	95,8	106,7	107,1
atlass	94,2	113,2	118,8



Joon 15. Kangaste pildid vasakult paremale: labane, toimne, atlass; ülevalt alla: töötlemata, loputatud, pestud, 2x pestud. Pildi suurus 5×7 cm.

6. KOKKUVÕTE

Antud töö eesmärk oli uurida villase kanga soojusjuhtivuse sõltuvust kanga sidusest ja järeltöötlusviisidest. Selle tarvis konstrueeriti kuumalus-tüüpi katseskeem, mis võimaldas samaaegset kontaktsel meetodil temperatuurimõõtmist katseobjektide mõlemal küljel. Registreeritud temperatuuride vahe iseloomustaski villase kanga soojusjuhtivuslikke omadusi.

Katsete läbiviimiseks valmistati kolme tüüpi siduseusega kangad – labane, toimne, atlass; igaüks neist neljas töötlusastmes – töötlemata, loputatud, pestud ning 2x pestud. Kuigi esialgu oli kõigil kangalappidel ja kõigil kangatüüpidel koe- ja lõimetihedus pindalaühiku kohta ligikaudu sama, siis töötamise käigus need muutusid oluliselt nii tiheduse kui ka soojusjuhtivuse mõttes. Seejuures allusid kangatüübid manipulatsioonidele erinevalt – labane kõige vähem, atlass kõige enam.

Töö tulemusena leiti, et hõredama lõngaristlusega kangad on juba töötlemata kujul kehvemate soojusjuhtivuslike omadustega kui tihedama ristlusega kootud kangad. Samuti on esimesed järeltöötlusele altimad ning nende soojusjuhtivust on üsna lihtsate meetoditega võimalik veelgi vähendada.

Kindlasti võiks edasi uurida samade kangaste puhul ka muude tegurite, nagu niiskus ja tuul, lisamõjusid. Samuti võiks omavahel võrrelda erinevaid materjale: lisaks villasele veel puuvillane, linane ja miks mitte ka siid.

7. SUMMARY

Aim of the current thesis was to evaluate the heat transfer properties of wool depending on the make and treatment of the fabric. For this a heat-plate configuration was elaborated. This experimental setup enabled simultaneous measurements of the temperature on the both sides of the sample. As the temperature difference is directly related to the effective heat transfer coefficient of the sample, the results of the measurements can be interpreted as the indicator of the changes in the heat transfer properties.

Three sets of samples were prepared, each of different type of fabric (same material, different make). All sets were equally treated using three different methods, one sample of each set was left untreated. Heat transfer properties depending on the type of fabric and treatment were examined.

The effective heat transfer coefficient of the samples with less interwoven fibres were found to be more dependent on the treatment.

8. TÄNUAVALDUSED

Autor avaldab siirast tänu oma töö tiitellehel olevatele juhendajatele ning seal mitte kirjas olevatele juhendajatele Kadrile ja Merlele. Samuti on hindamatut tööd teinud ning abiks olnud Fredrik ja Frederika. Suured tänud mõistvatele ning kaasaelavatele töökaaslastele, sõpradele ja pereliikmetele.

9. KASUTATUD KIRJANDUS

1. Vikipeedia – Vaba Entsüklopeedia, „Soojusjuhtivus“, <http://et.wikipedia.org/wiki/Soojusjuhtivus> (vaadatud 28.03.2013)
2. M. Michalak, M. Felczak and B. Więcek, “A new method of evaluation of thermal parameters for textile materials,” in *9th International Conference on Quantitative InfraRed Thermography*. (Poland, 2008)
3. N. Özdil, A. Marmaralı and S. D. Kretzschmar, “Effect of yarn properties on thermal comfort of knitted fabrics,” *International Journal of Thermal Sciences* 46, 1318–1322 (2007)
4. S. C. Anand, „Textile Today“, <http://www.textiletoday.com.bd/index.php?pid=magazine&id=163> (vaadatud 30.12.2011)
5. N. Oğlakcioğlu and A. Marmaralı, “Thermal Comfort Properties of Some Knitted Structures,” *Fibers and Textiles in Eastern Europe* No. 15, 94 – 96 (2007)
6. M. Kelpman, *Kangakudumine* (Koolibri, Tallinn, 1998)
7. I. Boncamper, *Tekstiilikiud. Käsiraamat*. (Infotrükk, Tallinn 2000)
8. E. Nõmmera, K. Jaama, *Lambavill. Villa omadused, sordid ja –kaubandus*. (Ühistrükk, Tallinn, 1943)
9. Fluke Calibration, „1529 Chub-E4 Standards Thermometer“ <http://eu.flukecal.com/products/temperature-calibration/digital-thermometer-readouts/1529-chub-e4-standards-thermometer> (vaadatud 22.03.2013)
10. R. Vendt, V. Vabson, T. Kübarsepp, M. Noorma, „Traceability of temperature measurements in Estonia“, *P. Est. Acad. Sci.*, 62 (2) 116–121 (2013).

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Age Raudsepp (13.07.1982)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Villase kanga soojusjuhtivuse sõltuvus sidusest ja järeltöötlusviisidest“, mille juhendajad on Rünno Lõhmus ja Riho Vendt

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus 30.05.2013