



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Tartu Kolledž

**TEKSTIILSÜSTA KATTE JA PLASTIJÄÄTMETE  
UUSKASUTUS MAFFAM FREEFORM KIIGU ISTME  
PROJEKTI NÄITEL**

**KAYAK TEXTILE SKIN AND PLASTIC WASTE  
UPCYCLING FOR MAFFAM FREEFORM SWING  
SEAT PROJECT**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Leelo-Maarja Reitalu

Üliõpilaskood: 182932NAEM

Juhendaja: Kai Kalda, MSc

## 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.

25.05 2020

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

25.05 2020

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....." .....202... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	4
1 TEKSTIILI - JA PLASTIJÄÄTMETE VÄÄRINDAMISE OLULISUS .....	8
1.1 Tekstiiljäätmete olukord Eestis 2014-2018.....	10
1.2 Tekstiiljäätmete ringlus Eestis .....	17
1.3 Tekstiilmaterjali säästlik uuskasutus projekttoote näitel.....	24
1.4 Plasti ringluse edendamine Eestis .....	25
1.5 Plastijäätmete säästlik uuskasutus projekttoote näitel .....	27
2 METOODIKA.....	32
2.1 Projekttootmise materjalivoo analüüs.....	33
2.2 FT-IR spektroskoopia .....	34
3 TULEMUSED .....	35
3.1 Materjalivooanalüüsi tulemused .....	35
3.2 FT-IR spektroskoopia tulemused.....	36
JÄRELDUSED.....	42
KOKKUVÕTE .....	45
SUMMARY.....	47
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	50
LISAD .....	60
L1. Projekti tekstiilmaterjalide analüüs.....	61
LISA 2.....	62
L2. Projekttootmine sadulsepa töökojas .....	63
LISA 3.....	67
L3. Projekti materjalid .....	68
LISA 4.....	69
L4. Joonis 1. Polükloropreen armeeringu spektrogramm.....	70
L4. Joonis 2. ABS armeeringu spektrogramm .....	70
LISA 5.....	71
L5. Projekti tekstiilmaterjalides peituv vee ja energia kulu.....	72
LISA 6.....	73
L6. Foto A. Kiikla Pärnu mnt vaates .....	74
L6. Foto B. Kiikla hoovi vaates .....	74

## SISSEJUHATUS

Tekstiili - ja plastijäätmeid toodetakse üha juurde. Eesti Jäätmearuandluse infosüsteemi andmetel oli nimetatud jäätmeliikide ladestamine 2014-2018 perioodil kasvutrendis. Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskuse (SEI) uuritud jäätmekäitlusstsenaariumite puhul on kõige suuremaks KHG tekitajaks prügilate ladestusalad, isegi kui prügilates on prügilagaasi kogumise ja põletamise süsteem rakendatud. (SA Säästva Eesti Instituut, 2014), (Reitalu, Tekstiili ja plastijäätmete kogused 2014-2018, 2020)

Eesti riik toetab kohalikke omavalitsusi jäätmehoolduse toetusega, et omavalitsuse jäätmejaamas jätkuks liigiti kogutavate jäätmete tasuta vastuvõtmine ning avalike kogumismahutite võrgustiku edendamine. Hoolimata mainitud meetmest on ladestamine suurenenud sisendi madala kvaliteedi tõttu. Jäätmete teke ja kvaliteet on muu hulgas tingitud elanikkonna teadmatusest, kuidas jäätmete ebamõistlik majandamine elukeskkonda mõjutab. (KOV jäätmehooldus toetus, 2020), (Laan, 2016)

Leviv arvamus, et seni kuni jäätmevedu pole tasuta, polegi vaja tegeleda jäätmete liigiti sorteerimisega, kuna jäätmete majandamine on veoteenuse pakkuja ülesanne. Viimasest võib järeldada, et selline suhtumine põhjustab kodumajapidamistest kui ka avalikest kogumispunktides saadava sisendi kvaliteedi. (Parksepp, 2020) Üldistades saab väita, et laiem üldsus ei taju, et materjalid, mida saaks liigiti kogudes ümbertöötlusesse suunata, on rikutud juba kodumajapidamise kui ka avalikes kogumispunktides ja seetõttu tekib nõiarang.

Kuni pole rakendatud nõudeid ja meetmeid, mis soodustaksid jäätmete liigiti kogumist, jääb jäätmejaamade sisendi kvaliteet madalaks. Kodanike teadmatust jäätmete mõjust keskkonnale ja neile endile põhjustab jäätmete ebaotstarbekat kasutust. Materjalide taaskasutamises edukad riigid nagu Saksamaa ja Sloveenia edendavad eelkõige kodumajapidamistes tekkivate jäätmete vähendamiseks soodustavaid lahendusi. Seetõttu võib väita, et kodumajapidamises esemete korduvkasutamine, parandamine ja majapidamisest ringlusse suunamine on jäätmete vähendamises ja keskkonnahoiu olulise mõjuga.

Eestis põhineb ringmajandusmudel suures osas kodanikualgatusel. (Katre Eljas-Taal, Olga Mikheeva, Asel Doranova, Dominik Beckers, Kaido Väljaots, Tõnu Hein, 2019) Materjalide väärtuse annavad neile oludest sõltuvalt subjektid ning mingi materjali ümbertöötlemine võib põhineda ärilisel eesmärgil kui ka kultuurilisel eripäral või isiklikel emotsioonidel. (Francisco Martinez, Aro Velmet, 2017), (Chao, 2019)

Autori projektiga soovitakse säilitada perekonda kuulunud tekstiilkattega süsta. Kuna autorit huvitab säästlik tekstiilide kasutus ja süsta alumiiniumist karkassile on võimalik valmistada uus kate vastavalt kasutusmugavuse eesmärkidele, siis käesoleva magistritöö peamiseks eesmärgiks on töödelda ümber süsta 5m<sup>2</sup> kasutuskõlbmatu tekstiilkate.

Aktiivse vabaaja veetmiseks looduse rüpes on võimalik soetada erinevaid meelepäraseid tehnilistest tekstiilidest valmistatud hobitooteid, mida oskuste olemasolul parandatakse iseseisvalt või spetsialisti teenustöona, kuni parandustööd on õigustatud materjali omaduste poolest. Kui eseme omaniku vajadused kasutatava hobitoote tekstiilosadele on pikema kasutusaja jooksul muutunud või tekstiilist detailide mehaanilised ja funktsionaalsed omadused ei vasta enam eelistustele, siis projekttootmise meetodit kasutades on võimalik nendele tekstiilidele leida uus väljund. (Jüri Riives, Jaak Lavin, 2014)

Projekti keskmes oleva tekstiilkattega süstal on vanust rohkem kui 40. aastat. Autori mälestuse järgi toimusid süstaga mitmed erinevad parandustööd, millest mastaapsem oli tekstiilkatte tekiosa renoveerimine. Vanemaid kõrvalt jälgides kujunes autoril mõistmine, et ise oma kätega midagi vajalikku valmistada või parandada on argielu osa. Kuna vana kate materjalide autori poolne hinnanguline seisukord enam veesõiduki kasutuskindlust - ja mugavust ei taga, kuid tekstiilkatet jäätmejaama viia ei raatsitud, siis tekkis autoril vajadus leida tekstiilidele uus väljund. Samaaegselt tegeles autor ka oma kodumaja hoovi kiikude paigaldamisega ning sellest lähtuvalt tekkis idee kasutada ühe erilise disainkiigu Maffam Freeform üles seadmisel isa vana paadi kattematerjali ja lahendada kiigul puuduva istme probleem kate uuskasutus projektiga. (Basaltfibre lace furniture Maffam Freeform, 2012) Fotod autori kiikudest asuvad töö lisas. (Foto L6-2. Kiikla hoovi vaates)

Süsta 11kg tekstiilkatte mahavõtmise, puhastamise ja ühendusõmblustest lahtiharutamise järgselt võis järeldada, et paadi põhjamaterjaliks on kahepoolselt armeeritud kootud kangas, mis visuaalsel vaatlusel meenutab puuvilla ja paadi tekiosa materjaliks on veekindlaks töödeldud täissüntheetiline kootud kangas. Paadi kate lahtilammutamisest saadud tekstiilmaterjalidega ja kiigu kausja põhjakujuga töötades jõudis autor järelduseni, et lähtudes projekti peamisest eesmärgist käsitööna töödelda ümber vana tekstiilsüsta kate, mida saab iseloomustada kui tekstiiljätmete väärindamisprojekti, võiks sisutäite materjalina katsetada samuti jäätmeid.

Magistriõpingutega seonduvalt oli autoril võimalus külastada Väätša Prügila AS, kus toimub nõudluse järgi eriliiki jäätmete kokku kogumine, käitlemine ja ringlusesse suunamine. Ettevõtte külastuse järgselt tekkis autoril idee katsetada eelpool mainitud

hoovikiigu istme projektis sisutäitematerjalina jahvatatud plastijäätmeid, sest autorile on teada, et sarnaselt sellele ideele on üks Hongkongi ettevõtte oma avalikku ruumi disainitud istmete sisutäiteks kasutanud jahvatatud plastpudeli korke. (Williamson, 2013), (AS Väätša Prügila, 2020)

Kõikides toodetud materjalides peitub vee - ja energiakulu. (Gustav Sandina, Greg M.Peters, 2018) Seega, mida rohkem erinevate toodete valmistamiseks materjale taaskasutatakse, seda rohkem suudetakse säästa energiat. Kui disainiprotsessis eelistada toodetud või ümbertöödeldud materjale, siis selliseid valikuid tehes panustatakse jäätmemahutude vähendamisse.

Kuna uuskasutusprojekti valitud komposiitmaterjali koostis oli autorile tundmata, siis kontakteerus autor TTÜ Materjali - ja Keskkonnatehnoloogia vanemlektor Tiia Plamusega, kes pakkus välja materjali koostise määramiseks FT-IR testimismeetodi. Kui hüljatud tekstiilidest, mille koostis pole konkreetselt teada valmistatakse midagi uut nagu käesoleva uuringu tulemusena, siis projektis kasutatud tekstiilmaterjalide koostise määramisel on võimalik välja selgitada, kuidas valminud projekttoodet hooldama peab, et materjali omadused ka uutes tingimustes säiliks. (Tuulik, 2011) Analüüsi andmetel soovis autor selgitada välja projektis kasutatud materjalides peituvad hinnangulised vee ja energia kogused, et hinnata kasutatud materjalides peituvat energia, projektile kulunud energia ning projekttootes peituvat energia omavahelist suhestumist.

Eelpool mainitud eesmärkide täitumiseks piisab FT-IR spektroskoopia kvalitatiivsetest andmetest. FT-IR spektroskoopia analüüsi andmeid oli võimalik analüüsida erinevate uuringute andmetel. Uuritud tekstiilmaterjalide kiukoostiste kindlaksmääramise järgselt tuvastas autor tekstiilmaterjalides peituvat hinnangulise energia koguse, mis autori jaoks on piisavaks põhjenduseks, miks erinevate tekstiilmaterjalide jäätmed on ringlust väärt.

Lõputöö uurimisküsimused on:

1. Millega on põhjendatud tarbijajärgsete tekstiili - ja plastijäätmete väärindamine?
2. Kas tekstiilsüsta kattest on võimalik valmistada mööblit?
3. Kuidas tuvastada uuskasutus projekti valitud tekstiilmaterjalide koostised ja miks see oluline on?
4. Kas jahvatatud seguplastijäätmeid on võimalik kasutada mööbli valmistamisel?

Autor soovib tänada uurimistöö juhendajaid, kelleks olid Omit OÜ sadulsepp Timo Talvik ning TTÜ Tartu Kolledži lektor MSc Kai Kalda. Töös kasutatud FT-IR spektroskoopia meetodika kasutamine oli võimalik tänu TTÜ Materjali - ja Keskkonnatehnoloogia vanemlektor PhD Tiia Plamusele, kes suunas autorit uurima professor PhD Andres Krummelt ka projekttootes kasutatud plastijäätmete kohta lisa.

FT-IR spektroskoopia teostas Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia labori teadur PhD Illia Krasnou.

Märksõnad: ringmajandus, säästlik uuskasutus, tekstiiljätmed, plastijätmed, projekttootmine, jahvatatud plastijätmed, FT-IR spektroskoopia, peidetud vesi, peidetud energia, magistritöö

# 1 TEKSTIILI - JA PLASTIJÄÄTME TE VÄÄRINDAMISE OLULISUS

Kiigu istme projektiga järk-järgult tegeledes tekkis autoril äratundmine, et süsta tekstiilmaterjalidest kiigu istme valmistamisega suunatakse jäätmekäitlusest uuskasutusse tehnilisi tekstiile ja plastijäätmeid, mis üldistatuna on sünteetilise päritoluga keemiatööstuse saadused. Lähtudes loogikast, et mainitud jäätmeliikides peituvad toormaterjalide tootmiseks tarbitud vesi ja energia, siis tekkis autoril huvi uurida nimetatud jäätmete uuskasutamise olulisust jäätmete vähendamise kontekstis. Autorit huvitas kogeda kuidas projekttootmise meetodit kasutades on võimalik tekstiljäätmeid väärindada. Lisaks on autorile teada, et tekstiilitööstuse tulevikku iseloomustatakse stabiilselt suurenevate tehniliste tekstiilide tootmismahudega ja seetõttu süveneb ka selliste tekstiljäätmete vähendamise temaatika päevakajalisus. Järelikult saab väita, et iga toode, mille valmistamisprotsessi seotakse jäätmeid, on tõestus sellest, et antud kontekstis tekstiil - ja plastijäätmed võivad olla potentsiaalseteks sisendmaterjalideks. (McCarthy, 2016)

Erinevate uuringute kohaselt on 63% tänapäevaseid tekstiilmaterjale toodetud keemiatööstuse saadusena. Plastide ja tekstiilide tootmine sõltub sünteetiliste polümeeride tootmismahudest, mis on 2015. aastast alates on suurenenud 12 miljonit t/a ja 2018. aastal oli 359 miljonit t/a. Mainitud tootmismahu hulka on arvestatud ka sünteetiliste kiudude tootmine, mille tootmismahud on alates 2015. aastast suurenenud 2000t/a ja 2018. aastal oli ca. 67 miljonit tonni. (Kaufmann, 2018), (Gustav Sandina, Greg M.Peters, 2018), (Global plastic production from 1950 to 2018, 2020), (Global chemical fiber production from 2000 to 2018, 2020)Globaalse tekstiilitööstuse tulevikku on iseloomustatud sünteetilise tehniliste tekstiilide tootmismahude iga aastase stabiilse 4% kasvuga, seega võib väita, et seda enam on toodetud materjali kasutusea pikendamine korduvkasutamisega ja taaskasutamisega oluliselt ressursse säästvam nii ületootmise kui ka utiliseerimise kontekstis. (McCarthy, 2016)

Kui on teada, et vaid marginaalne osa kogu maailma aastasest petrooleumi ja maagaasi toodangust on vajalikuks sisendiks eelpool mainitud sünteetiliste polümeeride tootmismahude kasvatamisel ning tekstiili - ja plastiringlus on veel väljaarendamisel, siis seda olulisem on uurida ja katsetada nende materjaliliikide uuskasutuse võimalusi, selleks, et anda oma panus üldise jäätmeveo ja heitmete koguste vähendamises. Autor väidab, et seeläbi on võimalik kogeda säästliku materjalikasutust nii ettevõtte kui ka kodanikualgatuse tasandil. (Kaufmann, 2018), (Katre Eljas-Taal, Olga Mikheeva, Asel Doranova, Dominik Beckers, Kaido Väljaots, Tõnu Hein, 2019)



Mainitud tööstusharude toodangus peitub lähteainete töötlemiseks tarbitud vee ja energia genereerimise kulu ning mõju looduskeskkonnale. (Kaufmann, 2018) Veekulu toote kohta välja arvestada on oluline, hindamaks, milline on valitud materjalide mõju keskkonnale, kui on teada, et joogikõlblikku vett on reservis põhjavees, järvedes ja jõgedes piiratud kogus. Näiteks 1kg plasti tootmiseks kulub ca. 180l vett. (The Hidden Water in Everyday Products, 2017) Kui arutleda, et käesoleva lõputöö projekti lõpptulem on hoovikiigu iste, mille kattematerjaliks töödeldi ümber võõrist ahtrini ca. 5m<sup>2</sup> tekstiilsüsta kasutuskõlbmatu kate ning mille sisutäite materjaliks kasutati ca. 35kg jahvatatud plastijäätmeid, siis võib väita, et sisutäite esmase toorme tootmiseks on kasutatud veidi rohkem kui 6200l vett. Statistika järgi kulub selline arvutuslik kogus vett ühel inimesel tööstusriigis, kus veekulu inimese kohta on 220l ööpäevas, ca. kuu ajaga. Seevastu arengumaades kulub inimesel ööpäevas vaid 3l vett, mis tähendaks vett ühele inimesele aastateks. Eestis kulub eelpool mainitud arvutuslik kogus vett ca. 2 kuuga, kuna statistika järgi on Eesti inimese ööpäevane veekulu tööstusriikide keskmisest poole võrra säästlikum, ca. 100l. (Milleks säästa vett?, 2020)

Ka projekttootes peituv elektrienergia võib välja arvestada järgmiselt, et tööstuslik õmblusmasin tarbib ca. 0.12kW/tunnis ning kui päevas kasutati masinat vajaduspõhiselt keskmiselt 10h, siis 4 tööpäeva arvestuses, mis on 1.2kW/päevas, kulus süsta katte ümbertöötlemisele 4.8kWh. Lisakuluna võib käsitleda Neular kaubamärgi tootja Plastrex Europe OÜ tootmises plastiprügile järgi sõitmiseks kulunud bensiinikulu, kuna edasi-tagasi autosõit Tallinnast Tarbjasse on 180km. Kui arvata, kogu autoreis kulutas ca. 10l kütust ja 1l bensiini kulu on võrdväärne 2–4 kWh, siis projekttootes peituvat kogu energia maht on ca 35kWh. Mainitud energiaarvestusse pole lisatud plastijäätmete töötlemise energiakulu, sest sisutäite materjal hangiti jahvatatud kujul. (Domelen, 2017), (Jones, 2008),

Lõputöökäsitluse valitud projekttoote valmimine on tõestanud, et tekstiili – ja plastijäätmete uuskasutuse võimaluste uurimisele on võimalik läheneda esmalt projektipõhiselt katseeksitus meetodil, mille tulemusel tekivad uued ideed, kuidas nimetatud materjaliliike säästlikult väärindada. Ümbertöödeldud tekstiilkattes peituvat vee ja energia kulu hinnangulised mahud oli võimalik välja arvutada tekstiilmaterjali koostise identifitseerimise järgselt ja need andmed on esitatud töö järelduste osas.

## 1.1 Tekstiiljätmete olukord Eestis 2014-2018

Eestis on aastateks 2021-2030 erinevate jäätmete käitlemine reguleeritud riikliku energia- ja kliimakava eelnõuga, mis soosib jäätmete maksimaalses ulatuses ringlusse ja korduvkasutusse võtmist. Riiklik eesmärk on piirata ja vähendada KHG heitkoguseid 2005. aasta tulemustega võrreldes 13%. (Eesti riiklik energia- ja kliimakava eelnõu 2030, 2018). Eestis praktiseeritud saastetasu süsteemi tõttu on jäätmekäitlejatel eelis mitte avalikustada ladestatud jäätmete koguseid ja makstud saastetasusid. Järelikult saab ladestamine jätkuda ning see töötab ringmajanduse mudelile vastupidiselt. (Brinkmann, 2019)

Kuna Jäätmearuandluse statistika näitab, et inimesed on harjunud hülgame erisorti tekstiile olmeprügina, siis mida rohkem tekstiilmaterjali prügilasse ladestamiseks või põletamiseks jõuab, seda enam suureneb vajadus toota juurde uuest toorainest valmistooteid. Toodetud tekstiilmaterjal ei nähta väärtust, kui see on määrdunud kaltsuna muu olmeprügi hulgas ja seetõttu tekib rohkem KHG nii prügilate ladestusaladelt kui ka uue toormaterjali tootmisel. (Jõgi, 2019)

SEI uuritud jäätmekäitlusstsenaariumide puhul on kõige suuremaks kasvuhooonegaaside tekitajaks prügilate ladestusalad, isegi kui prügilatel on prügilagaasi kogumise ja põletamise süsteem. Prügilasse ladestatud segaolmejätmed, mille orgaanilise fraktsiooni sisaldus on kõrge, tekitavad lagunemisprotsessi tulemusena prügilagaasi, mille põhikomponendid on süsihappegaas (CO<sub>2</sub>) ja metaan (CH<sub>4</sub>). Uuringu andmetel panustavad prügilad saadud sisendit ladestades otseselt globaalse kliimamuutusega kaasneva keskkonnamõju tekkesse, kuna keskmiselt kogutakse vaid 40% prügilagaasist. Nimetatud uuringu andmetel on kõige keskkonnasõbralikumad segaolmejätmete mahtude kontrolli all hoidmise meetodid materjali kogumine ja taaskasutusse suunamine kui ka masspõletus ja jäätmekütuse tootmine. (SA Säästva Eesti Instituut, 2014)

Eelpool käsitletud jäätmete käitlemise mõju keskkonnale vajab üha suurenevate jäätmemahdade kontekstis kajastust, kuna üha rohkem ladestatakse Eesti prügilates tekstiili - ja plastijätmeid hoolimata sellest, et on teada, et liigiti kogutud jäätmed võivad erinevates projektides olla oluliseks sisendiks. (Eesti Taaskasutusorganisatsioon, 2020), (Oras, 2019), (Reitalu, Tekstiili ja plastijätmete kogused 2014-2018, 2020)

Autoril oli võimalus Tallinna Tehnikakõrgkooli õpingute ajal, 2017. aastal, viibida tootmispraktikal Hilding Anders Baltic AS-is, kus sorteeritakse tootmises tekkivad erinevad jäätmed materjali põhiselt. Autori kogemuste põhjal võib väita, et nimetatud ettevõtte tootmises tekkivad tekstiiljätmed sorteeritakse eraldi: spiraallukuga

avatavad madrastsikatted ja puhas tekstiil nagu erinevad kušettvoodi katted jt. Viimane annab alust järeldesteks, et need sorteeritud tekstiiljätmed sobiksid ka Toom Tekstiil AS või Wendre AS ümbertööstlustehase sisendiks, kui on jälgitud, et jätmed ei sisalda mittesobivaid materjale või detaile, mis purustamise protsessi masinad seiskuma võivad panna. (Niiler, 2014)

AS Wendre on Euroopa juhtiv magamistarvete tootja, kellel on tootmisüksused Pärnumaal kui ka Poolas ja Hiinas. Eesti Rõiva- ja Tekstiililiidu tegevjuht Ruta Rannala andmetel on AS Wendre uuemate toodete väljaarendamisel hakatud kasutama rõiva tootmisjääke. Mainitud ettevõtte kogu kontserni tootmisjõudlus on 5-6 tonni päevas patju, tekke. Niileri väitel jõuab ettevõtte tootmisjääk 96% ulatuses ettevõtte siseselt ümbertööstlusesse. (Niiler, 2014), (Rannala, 2020)

Toom Tekstiili enda põhitooted on erinevad kodutekstiilid ja mittekootud tehnilised materjalid ja ettevõtte kodutekstiilide aastased tootmismahud ulatuvad koguliselt miljonitesse. Niileri hinnangul on Toom Tekstiili tekstiilipurustus protsessi peamiseks sisendiks ettevõtte enda tootmisest saadud sisend, kuid võetakse vastu ka teiste Eesti ettevõtete sorteeritud tekstiiljätmeid. Mittekootud tehniliste materjalide tootmismahud võivad ulatuda kuni 4000t/a, mil tekstiiljätmete sisaldus ühe komposiitmaterjali kihis võib olla kuni 80%. (Niiler, 2014), (Närep, 2015)

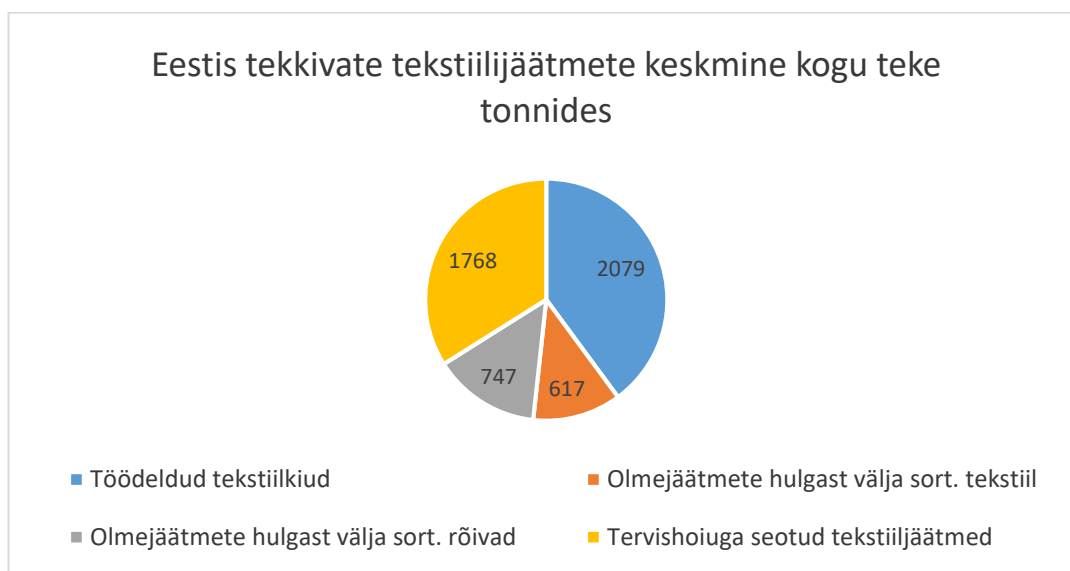
Erinevate uuringute kohaselt on Toom Tekstiilis jõudlus tekstiiljätmeid ümbertöösteldada 1200-1500t/a. Seega, kui Susi hilisemalt esitatud andmetel oli tööstuslike tekstiiljätmete koguteke Eestis 5000t/a, siis võib järeldada, et Toom Tekstiili ümbertööstlusprotsessi jõudlus lahendab ettevõtte oma tekstiiljätmete probleemi ja vajadusel suudetaks töödelda ümber ka teiste ettevõtete sorteeritud tekstiilide kogused, kuid sellest hoolimata on mainitud jõudluse ja tööstuslike jätmete koguteke suhe nihkes, sest enamus ettevõtteid ei sorteeri oma tekstiiljätmeid ja neid käideldakse olmejätmetena. (Niiler, 2014), (Närep, 2015), (Susi, 2016), (Mutli, 2017)

2025. aasta 1. jaanuaril jõustuva Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiivi kohaselt hakkab kehtima tekstiiljätmete liigiti kogumise nõue. Tekstiiljätmete liigiti kogumine tekitab väljakutseid näiteks kogutud tekstiilide hoiustamisel materjalide omaduste säilimise aspektist ning seetõttu on planeeritud Tallinna Tehnikaülikoolis töötada välja eriliigiliste tekstiiljätmete purustamiseks sobivaim tehnoloogia, et tekstiiljätmetest uudeid materjale arendada. (Tiia Plamus, Jaan Kers, 2019)

Lindström on hea näide, milline saab olla ühe tekstiiliettevõtte omatoodangu tootmisskeem, mille eesmärk on jätmeteket vähendada. Nimetatud ettevõtte toodang valmistatakse jätmehierarhia põhimõttel, mis tähendab, et tekstiile valmistatakse

ainult reaalseste tellimuste põhjal ja tootmismeetodiga, kus rõhk on materjali optimaalsel kasutusel nii tootearenduses kui ka paigutusjooniste valmistamisel. Kuna ettevõtte tootmiskeemi järgi liiguvad kasutatud tekstiilid ühest ettevõttest teise, siis saab väita, et tooted on vastupidavad, kergesti parandatavad ja hooldatavad ja sellise üüriteenuse pakkumise tulemusel tekib vähem jäätmeid. Viimane on väga oluline ettevõtte tootmismahdade juures, kui on teada, et 2015. aastal töödeldi ümber kogu kontserni tekstiiljäätmekoguseid 1200t. Veel on teada, et Lindström osaleb Soomes VTT uurimiskeskuse projektis Tekstiilien kiirtotalous, mille eesmärk on arendada välja uusi lahendusi tekstiiljäätmekoguse väärindamiseks. VTT on välja töötanud tehnoloogia kasutuskõlbmatute puuvillaste tekstiilide ümbertöötlemiseks. (Keemiline lahustumine võib olla meie tulevik tekstiiljäätmekoguse ringlusest eemaldamiseks, 2017)

Järgneva joonisega (Joonis 1) on kuvatud uuritud perioodi, 2014-2018, Eestis tekkivate tekstiiljäätmekoguse aastased keskmised kogused jäätmeliigiti.



Joonis 1. Tekstiiljäätmekoguse kogused jäätmeliigi järgi t/a, 2014-2018. Autori joonis, esitatud andmed pärinevad Jäätmearuandluse infosüsteemist. (Avalikud päringud Keskkonnaagentuuri jäätmearuandluse infosüsteemis, 2020)

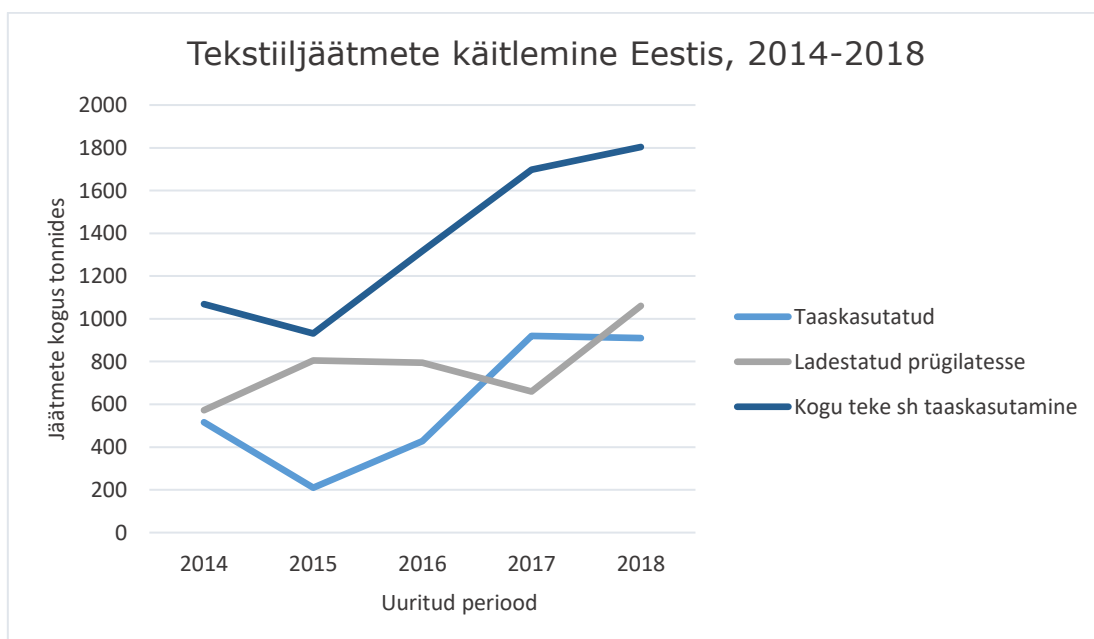
Näiteks Mutli uuritud perioodiga, milleks oli 2004-2015, on riiklik tekstiiljäätmekoguse iseloomustatav töödeldud tekstiilkiudude (Joonis 1) jäätmeliigi mahdade 58% suurenemisega, kuna Mutli uuritud perioodil tekkis jäätmeid keskmiselt 871/a ja 2014-2018 tekkis töödeldud tekstiilkiudude keskmiselt 2080t/a. Töödeldud tekstiilkiudude jäätmeid saaks kasutada isolatsioonmaterjali tootmiseks, mida Lelumees katsetas ka eelmisel aastal ning sai tulemuseks erineva tiheduse ja paksusega isolatsioonimaterjalide näidiseid. (Mutli, 2017), (Lelumees, Tekstiiljäätmekoguse mehaanilise ja keemilise ümbertöötlemise võimalused, ümbertööteldud materjalide

omadused ja sobivus uuteks rakendusteks Eesti kaitsevaelase individuaalvarustuse näitel, 2019).

Lisaks tekkis suurel hulgal tervishoiuga seotud tekstiiljätmeid (Joonis 1), millele ei rakendu erinõuetele kohane käitlusprotsess, ca. 1770t/a. Ka tervishoiuga seotud tekstiiljätmete ladestusmahud on statistika andmetel kasvanud, sest kui 2014-2016 olid ladestusmahud keskmiselt 200t/a, siis 2017-2018 perioodil ladestati ca. 500t rohkem. Mutli uuringus pole käsitletud viimasena mainitud jäätmeliiki. (Mutli, 2017)

Tekstiiljätmete kogused olmeprügis on samuti suurenenud, kuna rõivaste hulk (Joonis 1) on Mutli uuritud perioodi suhtes suurenenud 39% võrra ja teiste tekstiilide (Joonis 1) koguteke olmeprügis on suurenenud 67% võrra. Eelpool esitatud statistikat mõjutavad ka kasutatud tekstiilide importmahud näiteks Soomest, Rootsist, Saksamaalt jt teistest Euroopa riikidest. Näiteks 2017. aastal imporditi Eestisse rohkem kui 10000t erineva kvaliteediga teiste Euroopa riikide tarbijajärgseid tekstiiljätmeid. (Mutli, 2017), (Tiia Plamus, Jaan Kers, 2019)

Järgneva joonisega (Joonis 2) on näidatud tekstiilmaterjali kogused olmeprügis uuritud perioodil, 2014-2018.



Joonis 2. Tekstiiljätmete käitlemine Eestis, 2014-2018. Autori joonis

Joonisel 2 on näidatud rõivaste ja tekstiilide summaarne kogu teke, mille hulgas on ka taaskasutusse võetud tekstiilmaterjali kogused ning eraldi trendijoontega ka ladestatud ja taaskasutatud tekstiiljätmete kogused. Andmed pärinevad Jäätmearuandluse infosüsteemist JATS.

Joonisel 2 kujutatud Jäätmearuandluse infosüsteemi statistika andmetel saab väita, et 2014-2018. aastatel hüljati ladestusaladele tekstiilmaterjali ca. 4000t tekstiiljätmeid ja ca 3000t tekstiiljätmeid kasutati energiatootmiseks.

Kuna Iru Elektriijaama jäätmepeletusblokis eelistatakse eeltöödeldud sisendit ehk teisisõnu liigiti kogutud madala niiskussisaldusega jätmeid, siis paratamatult on kasvutrendis ka tekstiiljätmete ladestamine, kuna saadav sisend nii kodumajapidamiste kui ka ettevõtete kogumispunktidest on kõrge niiskussisaldusega, millest ei ole võimalik energiatki toota. (Jätmete ladestamine liigub vales suunas, pidevalt kasvades. Seetõttu piirab Keskkonnaamet jätmete importi Eestisse, 2019)

Eelpool analüüsitud Jäätmearuandluse infosüsteemi andmed näitavad, et valdav enamus inimesi ei ole kursis, et looduslike kiudude lagunemine prügila ladestusalal võib kesta sadu aastaid ning nende lagunemisprotsessi tulemusel võib atmosfääri eralduda metaani ja süsinikdioksiidi ning et sünteetilised materjalid, mis on disainitud kaua kestma ja ei ole mõeldudki lagunemiseks, võivad ladestamisel eraldada mürgiseid aineid põhjavette ja ümbritsevasse pinnasesse. (Unravelling the Truth behind Textile Waste, 2017)

Seega saab väita, et praegune Eestis rakendatav tekstiiljätmete kogumis - ja käitlusmeetod töötab eelpool mainitud riiklike eesmärkide vastu ja pole piisav, kuna tekstiiljätmete mahud olmeprügis on kasvutrendis ning üha enam jätmeid pigem ladestatakse. Eelnevast järeldub ka, et inimeste teadlikkuse suurendamine tekstiilide lagunemise ajalise kestvuse ja protsessist eralduvate heitmete kohta prügila ladestusalal vajab veel intensiivsemalt teavitustöö tegemist nii tootjate kui ka kaubandusettevõtete tasandil, kes oleksid lähimal positsioonil oma klienti kui tarbijat motiveerima kasutuskõlbmatuid tekstiile ringlusse suunama.

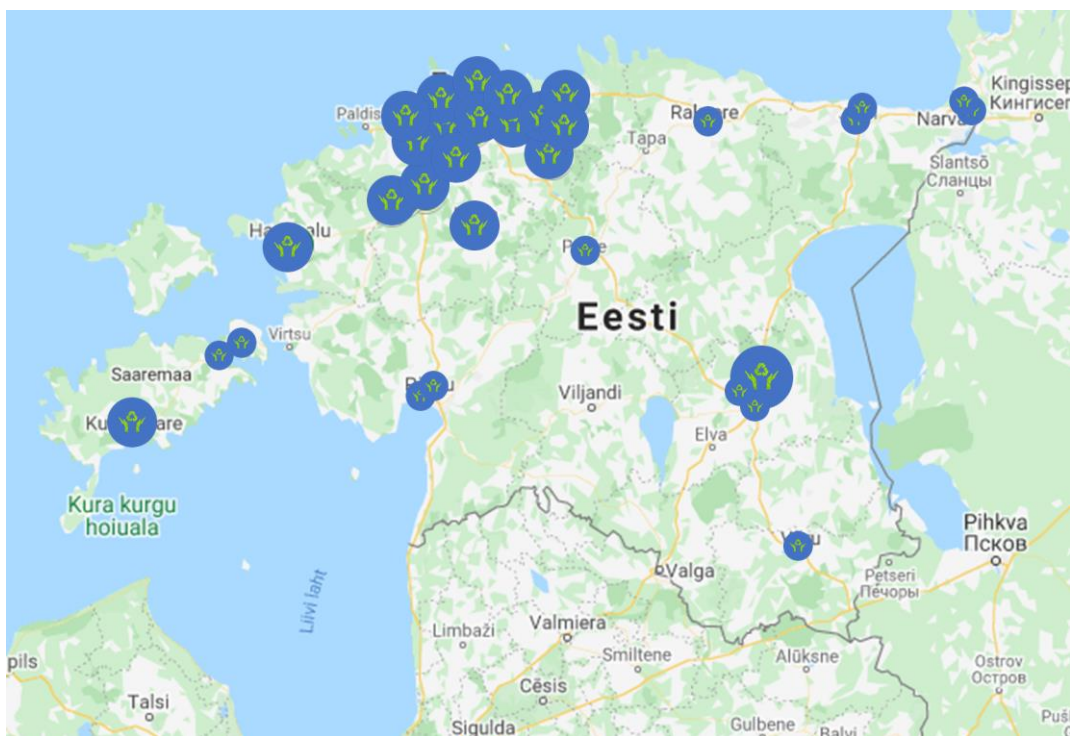
Tekstiilmaterjali ringlust Eesti kontekstis edendab Rootsi rõivatootja H&M, kuna ettevõtte esinduskauplused võtavad vastu rõivajätmeid, mis vastavalt kvaliteedile suunatakse materjalina taaskasutusse või ümbertöötlusesse. Järelikult kokku kogutud tekstiilmaterjalide eluiga pikeneb toodetud materjalina või töödeldakse saadud sisend ümber uuteks toodeteks. Kirjeldatud ärimudel on toiminud 2013. aastast. Sellise ärimudeli varjukülg on, et kogutud rõivaesemed, mis kvaliteedi tõttu uuesti materjalina ringlusse suunatakse võivad tarbija otsuse tõttu samahästi jätteks muutuda. (Ashikhmina, 2017), (The H&M Garment Collecting programme, 2013)

SEI uuringu andmetel kogutakse näiteks Tallinna Jäätmekeskuse konteineritest ühe kuu jooksul 16 tonni tekstiile, mis tõestab, et vajadus kasutatud riiete üleandmiseks on olemas. Tallinna Jäätmekeskuse konteinerite tühendamise eest vastutab Humana

Sorteerimiskeskus AS. Nimetatud ettevõtte sorteerimismaht on 10000t/a, millest 20% müüakse ettevõtte kauplustes, 10-15% saadetakse annetusteks ja 30-40% saadetakse ümbertöötlemisse. Humana Sorteerimiskeskus AS tegevjuhi andmetel suunatakse sorteerimisest prügilasse keskmiselt 500t/a. Kuna tegemist on sorteeritud toodanguga, siis võib järeldada, et mainitud kogus jõuab energiatootmisesse. (SA Säästva Eesti Instituut, 2014), (Gnadenteich, 2014), (Muld, 2019)

MTÜ Riidepunkt tegeleb tekstiilmaterjalide kokku kogumisega ja avalike konteinerite võrgustiku väljaarendamisega erinevates Eesti omavalitsustes. MTÜ Riidepunkt konteineritesse kogutud esemed sorteeritakse ja väärtuslikumad tekstiilid annetatakse või müüakse, et saadud tulu heategevusorganisatsioonidele jagada. (Koppelmaa, 2014)

Järgnevalt on esitatud tekstiilmaterjali kogumispunktide paiknevus Eestis. (Joonis 3)



Joonis 3. Tarbijajärgse tekstiilmaterjali kogumispunktide paiknevus Eestis. Autori joonis

Joonisel (Joonis 3) on kujutatud tarbijajärgsete tekstiilide kogumispunktid MTÜ Riidepunkt konteinerite paiknevuse näitel. Konteinerid paiknevad Tallinnas, Harjumaal, Raplumaal ja Läänemaal ning kokku on ettevõttel 45 konteinerit. Joonisele on lisatud ka Humana Sorteerimiskeskus AS kogumiskonteinerid, mida on kokku 64. Humana Sorteerimiskeskus AS konteinerid asuvad Tallinnas ja Tallinna lähivaldades, Tartus ning Kuressaares, Orissaares ning Muhumaal. (MTÜ Riidepunkt, 2020), (Humana Sorteerimiskeskus AS, 2020)

Lisaks tegeleb tekstiiliringlusega Eestis ka MTÜ Uuskasutuskeskus, kelle kauplustevõrgustikus on 13 esinduskauplust ja need asuvad Tallinnas, Tartus, Paines, Pärnu, Narvas ja Jõhvis. Joonisele on lisatud ka eelpool mainitud Rootsi rõivatootja H&M, kelle 14 kauplust paiknevad Tallinnas, Tartus, Kuressaares, Rakveres, Jõhvis, Narvas ning Pärnus. (MTÜ Uuskasutuskeskus, 2020), (H&M Store Locator, 2020)

Eelpool esitatud joonisel (Joonis 3) on kujutatud ettevõtteid, kelle tegevuse tulemusel toimub Eestis toodetud tekstiilide ringlus ja tekstiilmaterjali ümbertöötlemine. Eesti tekstiiliringluse probleem on kirjeldatav Viljandi linna näitel, kus tekstiiljätmeid käideldakse olmejätmetena. (Mida teha tekkivate jätmetega? Viljandi, 2020)

Eestisse imporditakse suurtes kogustes erikvaliteediga tarbijajärgseid rõiva ja – tekstiilkaupa, kuid Jäätmearuandlus infosüsteem ei kajasta neid koguseid. Kui plasti puhul kajastuvad ringlussevõtu andmed eksport - ja importmahtude näitel, siis tekstiilide statistika selles osas on lünklik. Lisaks saab väita, et Eestis praktiseeritud saastetasu süsteemis esineb puudujääke: jäätmekäitlejatel on võimaldatud mitte avalikustada ladestatud jätmete koguseid ja makstud saastetasusid. Järelikult saab ladestamine jätkuda, mis pärsib jätmete ringluse edendamist Eestis. (Eesti riiklik energia- ja kliimakava eelnõu 2030, 2018), (Brinkmann, 2019)

Tekstiiljätmete kogumine, sorteerimine ja edasi müümine kuulub seadust lugedes ringmajanduseks ettevalmistumise alla ja seega on selle tegevuse tarbeks vaja jäätmekäitlusalust. Kohalikul tasandil edendab jäätmekäitlust Eesti Ringmajandusettevõtete Liit. (Lotamõis, 2018) Kuna seni pole Eesti kontekstis ühtegi ühtset tekstiiljätmetele keskenduvat uuringut avaldatud, mis kajastaks andmeid tootjatelt, kauplemis- ja käitlejatelt, siis pole võimalik analüüsida, millised ringmajanduse ärimudelid oleksid Eestis mõttes võimalikud, et tekstiilmaterjalide ladestamine väheneks. Analüüsi tulemusena oleks võimalik kindlaks teha, milliseid jäätmekäitlusvõimalusi oleks Eestis mõistlik edasi arendada ning millised lahendused ei oleks majanduslikult toimivad või keskkonnasäästlikud. (Lotamõis, 2018)

Toom Tekstiili näitel on Eestis tekstiiljätmete purustamiseks tehnoloogiline lahendus olemas, mida on võimalik rakendada võõriste vabadele tootmisjääkidele. Seetõttu olemasolevad seadmed rõivajätmeid kiududeks rebimiseks ei sobi, kuna rõivastele kinnitatud eriliiki furnituur rikuks neid seadmeid. Alkranel OÜ uuringu andmetel oleks vaja olemasoleva tehnoloogia kasutamiseks eelnevalt rõivajätmetest koosnevat sisendmaterjali käsitööna töödelda ja see oleks järjest suurenevate tekstiiljätmete koguste tõttu tööjõumahukas. (Noorvee, 2017)



Kuna 2019. aasta seisuga teostati eriliigiliste tekstiilmaterjalide ümbertöötlusmeetodite uuring, milles käsitleti segakiud koostisega rõivajäätmete ümbertöötlemise võimalike protsesse ja saadud materjale, siis selle uuringu tulemusena järeldati ka, et olemasoleva purustustehnoloogiaga ei sobi töödelda elastsemaid tekstiilmaterjale ja seetõttu on vaja töötada välja uus tehnoloogia. (Lelumees, Tekstiiljäätmete purustamistehnoloogia ja uudsete materjalide arendamine tekstiiljäätmete väärindamiseks ja ringmajanduse toetamiseks, 2019)

Mainitud uuring käsitleb nii levinumaid kui ka vähemtuntud ja uudseid tekstiilmaterjalide ümbertöötlemise meetodeid ja regenereeritud ainete ja materjalide rakendusvõimalusi, mis on oluline info väga erinevates valdkondades tegutsevatele ettevõtetele. Samuti antakse uuringus ülevaade ka tuntumatest automaatsetest sorteerimissüsteemidest, millest efektiivseim on lähiinfrapuna (NIR) spektroskoopia. (Lelumees, Tekstiiljäätmete purustamistehnoloogia ja uudsete materjalide arendamine tekstiiljäätmete väärindamiseks ja ringmajanduse toetamiseks, 2019)

Seega saab tõdeda, et 2025. aastal jõustuv nõue tekstiiljäätmelid liigiti koguda on mõjunud positiivse lükkena Eestis üha suurenevate tekstiiljäätmeladestusmahtude probleemile läheneda lisaks info kogumisele ka teaduslike uuringutega. (EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV (EL) 2018/851, 2018)

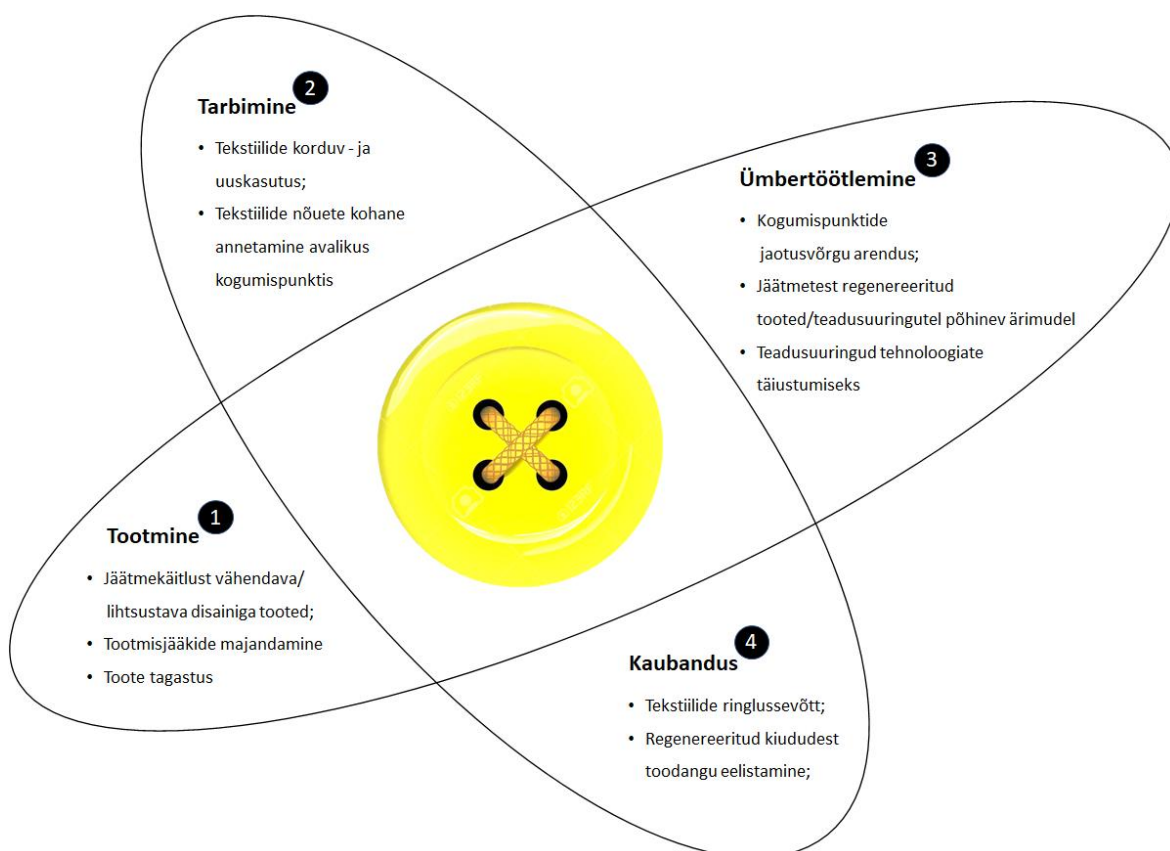
## **1.2 Tekstiiljäätmelate ringlus Eestis**

Tekstiilmaterjali ringlus rõiva - ja tekstiiltööstuses vähendab uue toorme tootmise vajadust. (Jõgi, 2019) Kuna tekstiili hulgitootmisega on kaasnenud ületootmine, heitmed ja jäätmed, siis koormus looduskeskkonnale on suurenenud. Uue toorme tööstuslik tootmine on seniajani olnud valdavalt loodusressursse ammendav või keskkonda reostav ja seda on kajastatud paljude erinevate autorite poolt. (Gustav Sandina, Greg M.Peters, 2018), (Lelumees, Tekstiiljäätmelate mehaanilise ja keemilise ümbertöötlemise võimalused, ümbertööteldud materjalide omadused ja sobivus uuteks rakendusteks Eesti kaitsevaelase individuaalvarustuse näitel, 2019)

Tekstiilmaterjalide ringluse kontseptsioon pole võõras, kuna tekstiilide korduv - ja taaskasutusega on teadlikult tegeletud läbi inimkonna ajaloo. Järelilikult tehnoloogia arenedes on hulgi - ja seeriatootmise ajastul võimalik neid teadmisi toodetud materjalide väärindamiseks edasi arendada. Selleks, et toodetud materjale ringluses

hoida, on töötatud välja juba palju erinevaid meetodeid ja mida rohkem tekstiilide ringlusse suunamist populariseeritakse ja jäätmeid kui tootmissisendeid uuritakse, seda suurem on tõenäosus, et selleläbi suureneb ka teadlikkus toodetud materjalides peituvate ressursside kohta.

Järgnev joonis (Joonis 4) on koostatud autori poolt lähtudes tekstiiljäätmete koguste vähendamise eesmärgist, milleni peamiselt jõuab läbi tootja vastutuse ning ringmajandust soodustavate tegevuste, soovides pakkuda oma toodangut, mida on võimalik korduvkasutada, parandada või ümbertöödelda.



Joonis 4. Tekstiiljäätmete vähendamisel olulised protsessid. Autori joonis

Joonisel 4 on kujutatud tekstiilmaterjali ringluse toimimiseks põhilisi protsesse ja tegevusi, mida eelistada, et tekstiilmaterjali ringlus toimiks ja tekstiilide ladestamine prügilas väheneks. Joonisel toodud protsessid on realselt omavahel olulises seoses, kuna nende protsesside käivitajateks on seadusandlusest lähtuv teadustegevus, mis mõjutab tootjaid (sh ümbertöötlejaid), kauplejaid ning tarbijaid.

Järgnevalt on autor kirjeldanud joonisel näidatud ringmajandust soodustavad peamisi protsesse ja alltegevusi erinevate näidetega Eesti kontekstis.

## Tootmine (1)

- **Jäätmekäitlust vähendava/lihtsustava disainiga tooted:** Kuna tootmise peamine eesmärk on tekkivaid jäätmeid keskkonnasäästlikult majandada, siis tekkivad jäätmed kasutatakse tootmise siseselt. Näiteks kasutatakse tootmises tekkivaid tekstiiljäätmeid abimaterjalina või töödeldakse uuteks toodeteks või suunatakse partnerettevõttesse ümbertöötlemiseks. (Närep, 2015)

Disaini väljatöötamisel eelistatakse hankida tootmisjääke (sh ka tekstiile) ning tootmisel on rakendatud jäätmetekke vähendamiseks parimaid võimalikke tehnoloogiaid, mis tekstiilitööstuses on näiteks 3D masinkudumine, et ühendusõmbelusi vähendada; samuti on võimalik lõigete konstrueerimisel vähendada ühendusõmbeluseid ja lähtuda juurdelõikuse paigutusjooniste valmistamisel materjalikulu vähendamise eesmärgist. Lõikeid võib ka tänapäeval konstrueerida rätsepa meetodil ning sellise individuaalteenuse poole on suuna võtmas ka suurettevõtted, mis sisuliselt tähendabki tarneahelat, mis käivitub kliendi tellimuse põhisel ning mil laovarud puuduvad. Seega aitab jäätmeteket vähendada ka laovarudeta ärimudel. Individuaalteenus eeldab, et tootja on võimaldanud kliendil lisada tellimusele oma keha tüübile iseloomulikke andmeid mõne tarkvara abil. (Sarkar, 2020), (Eco Design: Definition, Examples, Principles, 2019)

Tallinna Tehnikaülikooli Tarkvarateaduste Instituut avaldas 2018. Aastal Pirjo Elbrechti kaitstud doktoritöö, mille raames arendati välja ainulaadne funktsioneeriv prototüüp, mis võimaldab 3D kehaskaneerimise tulemusel ja kliendi tellimuse töödelda CAD süsteemi imporditavaks failiks. Prototüübi üheks oluliseks osaks on kliendi tellimuse ja 3D keha mõõtude rikastamine „rätsepa teadmistega“. Süsteemi on testitud 15 000 personaliseeritud teksapaari tootmisel näiteks Soomes, Saksamaal ja Araabia Ühendemiraatides. (Elbrecht, 2018) Elbrechti väitel on väljaarendatud süsteem skaleeritav kogu rõivatööstusele ning võimaldab rõivatootjatel toota hästi istuvad rõivad, mille tulemusel säästetakse kangast ja teoreetiliselt kaob valmistoodangu ladustamise vajadus, sest loodud süsteem aitab vältida tonnide viisi valedes suurustes rõivaesemete tootmist. (Elbrecht, 2018)

- **Tootmisjääkide majandamine:** Eesti tekstiilitööstuse tootmisjääkide tarbimise edendamiseks ettevõtete tasandil ehk tootmisjääkide jagamise koostöövõrgustiku käivitamisega on tegelenud Reet Aus, kellele kuulub Trash to Trend veebiplatvorm. (Aus, 2011)

Mainitud platvormi eesmärkidele sarnaselt on Ann Runnel töötanud välja tekstiilmaterjali väärindamise jälgimistarkvara, mis võimaldab kaardistada tootmisjäägid, et ettevõttel tekiks ülevaade enda tootmismeetodite tekitatud jääkmaterjali mahtudest, selleks et soodustada sisendi optimaalset kasutust ja vähendada jäätmete teket. Kui Runneli loodud tarkvara rakendamine on võimalik Bangladeshis ja Hiina vabrikutes, siis seega saab väita, et tegemist on tekstiilmaterjali väärindamise tarkvaraga, millel on globaalne haare. (Noorvee, 2017), (Kald, 2018)

- **Toote tagastamine:** Toote disaini väljatöötamisel on lähtutud ökodisaini põhimõtetest, milleks on näiteks võimalikult vähestest komponentidest koosnev toode. Valmis toode on toodetud looduslikul viisil lagunevatest materjalidest või on tootele valmistaja poolt väljapakutud selge taaskasutuskeem, millesse tarbijal on lihtne omapoolne panus anda: elementaarseim näide sellest on, et toote detailid on parandatavad ja vahetatavad.

Siinkohal on sobilik mainida juhtumit elust enesest, mil autor pöördus oma purunenud rahakotiga selle valmistaja poole, ja kuigi väike punane rahakott oli selle väikeettevõtja üks esimestest mudelitest ja ajaliselt oli ostust möödunud juba 10 aastat, siis kõnealune ese muudeti parandades uueväärseks. Seega tasub oma ooste teha ettevõtjatelt, kes tajuvad oma tegevuse ökoloogilist jalajälge. (Teadlik ja kestlik materjalikasutus Stella Soomlais bränd näitel, 2020)

## Tarbimine (2)

- **Tarbimisjääkide uuskasutus:** Kuna rõivaste ja tekstiilide korduvkasutamist ja tööstuslike protsesside välist taaskasutamist võib nimetatda materjali väärindamiseks selle kõige elementaarsel moel ja selline tegevus on ka tekstiilide ringluse aluseks. Hüljatud tootmisjääkidest ja tarbijajärgsetest tekstiilidest on mõistlik valmistada uusi tooteid, kuna toodetud materjalides on peidus nende valmistamiseks kulutatud vesi ja energia. Sellisel viisil on võimalik toimida nii ettevõtte kui ka eraisiku tasandil. Eraisiku tasandi eeliseks on võimalus ette võtta väga erinäolisi ja üksikuid projekte nagu on käesoleva lõputöö süsta tekstiilkatte uuskasutusprojekt. Ettevõtte tasandil võib säästliku taaskasutuse meetodil keskenduda ühele tootegrupile ja töödelda ümber näiteks hüljatud kudumeid. (Afterlife kampsunid, 2020)
- **Tekstiilide nõuete kohane annetamine avalikus kogumispunktis:** Kui on teada, et aastas annetatakse Tallina, Tartu ja Kuressaare peale kokku 1000t tekstiile ja kogu Eesti tarbijate tootlikkus on annetada tekstiile 10000t/a, millest

30-40% saadetakse Humana Sorteerimiskeskus OÜ andmetel ümbertöötlusesse, siis seda enam on oluline, et avaliku ruumi tekstiilide kogumiskonteineritesse jõuaksid kuivad ja puhtad esemed. (Muld, 2019)

### Ümbertöötlus (3)

- **Kogumispunktide jaotusvõrgu arendus:** Tekstiilmaterjali ümbertöötlemise sisendiks on kogumispunktide toodang. Eestis tegutsevad tekstiiljätmete kogujatena võiks esile tõsta MTÜ Uuskasutuskeskus ja Humana Sorteerimiskeskus OÜ, kes koguvad ja saadavad ringlusesse tekstiilesemeid, mis on saadud annetustena kauplustevõrgustike arendamise tulemusel kui ka korjanduspunktide töö. Tekstiiljätmete kogumine, sorteerimine ja edasi müümine kuulub seadust lugedes ringmajanduseks ettevalmistumise alla ja seega on selle tegevuse tarbeks vaja jäätmekäitlusluba. (Lotamõis, 2018) Kuna MTÜ Uuskasutuskeskuse ja Humana Sorteerimiskeskus OÜ tegevust on käsitletud mitmetes eelnevates uuringutes, siis autor keskendub ettevõttele Waste Inventory OÜ, mis on tekstiilmaterjalidele keskendunud start-up.

Waste Inventory OÜ on nüüdseks paar aastat toiminud ettevõtte, mille eesmärgiks on saata tootmisjärgseid tekstiilmaterjalide jääke uuesti ringlusesse ning arendada seeläbi ringmajandust tegutsedes lokaalselt kuid mõeldes globaalselt. Ettevõtte pakub erinevaid võimalusi tootmisettevõtetele oma jätmete hulga vähendamiseks näiteks taaskasutatud materjalide kasutamiseks toormaterjali asemel. Seega ettevõtte eesmärk on vähendada tekstiilitööstuse ökoloogilist jalajälge. (Lotamõis, 2018) Waste Inventory OÜ alustas oma tegevust Eesti tekstiilivaldkonna tootjate, müüjate, ostjate, institutsioonide kaardistamisega ja kontakteerumisega ehk koostöövalmis kontaktide otsimisega. Lotamõis kirjeldab, et ettevõtte peamiseks seatud ülesanneteks said materjalikasutamise optimeerimine tootmises, tekstiiljätmete utiliseerimise teenus, jätmete taaskasutamine ning erinevate jätmetest valmistatud materjalide valmistamine ja müümine. (Lotamõis, 2018) Mainitud ettevõtte on alates 2017. aastast kogunud kokku 7t tööstuslikke tekstiiljätmeid, tegelenud kokku kogutud tekstiilmaterjalide jaotusega disaineritele ja käsitöölisele ning osalenud Climate-KIC ärikiirendiprogrammis. (Waste Inventory OÜ, 2017)

- **Jätmetest regenereeritud tooted/teadusuuringutel põhinev ärimudel:** Säätlik tootmine (*sustainable manufacturing*) eeldabki uudsete tehnoloogiate

ja materjalide väljatöötamist, mis võimaldaksid toota ilma ohtlike jäätmete tekketa ning kahjulike emissioonideta õhku, maapinda ja vette. Samuti eeldab säästlik tootmine valmistatud toodete jääkide töötlemist ja taastootmisse suunamist pärast toote eluea lõppu. Säästliku tootmise planeerimiseks kasutatakse toote olelusringi analüüsi meetodit. (Jüri Riives, Jaak Lavin, 2014), (Eesti Keskkonnajuhtimise Assotsiatsioon, 2020)

- Kuna Eesti seadusloome juhindub Euroopa Liidu nõuetest, siis on sobilik tuua ka järgmine näide. Euroopa pilootprojekt Resyntex loodi eesmärgiga muuta jäätmemajandust strateegiliselt loodust säästvaks: ettevõtte toodavad sümbioosis ja ühe ettevõtte jääk on teise ettevõtte toormaterjal. Targalt sorteeritud jäätmetest võimalik toota erinevaid kaupu. Kuna eelneva peatüki, Tekstiiljäätmete olukord Eestis, analüüsist järeldus, et kõige rohkem tekib töödeldud tekstiilkiude, tervishoiuga seotud tekstiiljäätmekid ja tarbijajärgseid tekstiile, siis see on kasutamata ressurss.

Keskkonnainvesteeringute Keskus finantseerib Tallinna Tehnikaülikoolis teostatavat eriliiki tekstiilmaterjalide ümbertööstustehnoloogiate arendustegevust, et tekstiiljäätmekid leiaksid kasutust erinevates uudsetes materjalides nagu ehitus - ja siseviimistlusmaterjalid. (A new circular economy concept: from textile waste towards chemical and textile industries feedstock, 2020), (Lelumees, Tekstiiljäätmekid purustamistehnoloogia ja uudsete materjalide arendamine tekstiiljäätmekid väärimdamiseks ja ringmajanduse toetamiseks, 2019)

#### **Kaubandus (4)**

- **Tekstiilide ringlussevõtt:** Kuna tekstiilmaterjale on palju erineva koostisega ning viimistlusega, siis seda olulisem on tekitada tarbijale veel rohkem võimalusi tootjale toodang tagastada, kuna tootjal on vastutus lisaks majanduse edendamiseks töökohtade tekitamisele ka keskkonda hoida. Tootjale tagastamise üleskutset kasutades saadab tootja selge sõnumi, et võetakse vastutus oma toodangu ees materjal kasumlikult ümbertööstlusesse suunata. (Ashikhmina, 2017)

Eriliiki tekstiilide tagastamine toimib Eesti kaubanduskeskuste kontekstis tarbijale kõige mugavamalt H&M kaupluste ja MTÜ Uuskasutuskeskuse pakutavate võimaluste näitel, kuid mida rohkem ettevõtteid tekstiiliringluse kontseptsioonile ümber lülituvad ja mugavamaid lahendusi tarbijale pakuvad, seda suurem on tõenäosus, et ringlussevõtu mahud suurenevad. Lindex

kauplused koguvad Soomes, Rootsis ja Norras oma klientidelt tekstiile, kuid Eestis on süsteem rakendamata, kuigi tegemist on suure kontserniga, kus kõik kauplused peaksid loogiliselt tuletades samal ärimudelil töötama. (Älä heitä roskiin vaan vie kiertoon, 2020) Tarbija keskkonnateadlikkuse kasvades on mainitud ringlussevõtu süsteemile oodatud lülituma kõiki tekstiilitootjaid. Samuti saab töötada välja oma toodangu tagastuseks kasutajasõbraliku süsteemi, mille rakendamisel oleks võimalik koguda infot tootearenduse jaoks. (York, 2020)

- **Regeneereeritud kiududest toodangu eelistamine:** Vaba turumajanduse olukorras on sobilik viidata ka mõnele lähiriigi näitele, et sealt eeskuju võtta. Soome ettevõtja kasutab näiteks kohvi ja plastijäätmeid sisendina ja toodab saadud lõngast spordijalanõusid. Veel on autorile teada Eesti tootja, kes valmistab plastijäätmetest spordiriideid. Esitatud näidetega soovib autor väita, et erineva jäätmetekke vähendamine on ettevõtluses reaalsete valikute küsimus ehk et ka sisseostjatelt on oodatud valida partneriteks tootjaid, kes pakuvad kaupu, mille tootmiseks on kasutatud jäätmeid. (Sustainable shoes without compromise, 2019), (Plastijäätmetest ümbertöödeldud spordiriided, 2020)

Projektipõhiselt on Reet Aus koostöös MTÜ Uuskasutuskeskuse ja Stockmann kaubamajaga tootnud kokku kogutud vanadest teksadest saadud lõngast uusi riideid ning toodud näide kõneleb rõivajäätmete väärindamise võimalikkusest väikeettevõtluse tasandil. Seega saab väita, et rõivajäätmete kokku kogumine sõltub sobilike koostööpartnerite leidmisel ja uute toodete valmistamine ringmajanduse põhimõttel on valikute küsimus. (Taaskasutuse uus tase, 2018), (Lepassalu, 2018)

Kui Eestis tekkis 2014. aastal olmejäätmetega segatud tekstiiljäätmeid 15000t ning ringlusse suunati 1069t erinevaid tekstiiljäätmeid, siis Taani konsultatsioonifirma Planmiljö 2017. ja 2018.a aastate uuringutulemuste kohaselt koguti Eestis heategevusorganisatsioonide, jäätmejaamade ja eraettevõtete poolt aastase perioodi jooksul 2014. aastaga võrreldes juba 3694t rohkem erinevaid tarbimisjärgseid tekstiilesemeid. Lisaks kajastas eelpool mainitud uuring, et Eestis jõuab kasutatud tekstiile uuesti tarbimisse 3165 t/a. (Eek, 2016), (Soopan, 2020)

Kuna eelpool mainitud Planmiljö uuringu andmetel suunatakse Eestis üha rohkem tarbijajärgseid tekstiile uuesti tarbimisse, siis võib eeldada, et esmase kasutusotstarbe kaotanud tekstiilide kaasamine uutesse projektidesse on sagenenud. Kui tarbijajärgsetest tekstiilidest on võimalik valmistada uus toode materjale mehaaniliselt, keemiliselt või termiliselt ümbertöötlemata, siis järelikult on võimalik materjali

väärtustada ressursse säästvalt ja sellisel viisil materjalide väärtustamine on elementaarne. (Gustav Sandina, Greg M.Peters, 2018)

### **1.3 Tekstiilmaterjali säästlik uuskasutus projekttoote näitel**

Ringmajanduse mõttes edukamates riikides nagu Saksamaal, Jaapanis, Lõuna-Koreas, Sloveenias ja Austrias lähtutakse jäätmete liigiti kogumises just kodumajapidamise tasandist, seega on autori uuskasutusprojekt põhjendatud mainitud riikides toimivate taaskasutust edendavate praktikatega. (Chao, 2019)

Akadeemilises kirjanduses on kajastatud toodetud tekstiilide säästlikku ringlust, mil tekstiilmaterjalid vahetavad omanikke näiteks rentimise, kauplemise, tootjale tagastamise, vahetuse, laenamise või pärimise kaudu. Toodetud tekstiilide säästlikku ringlust soodustavad näiteks eraisikute poolt korraldatavad müügid või kokkuleppelised bartertehingud. Tekstiilmaterjalide ringluse ehk säästliku väärdamisega seonduvad ka vanavara laatadel ja kirbuturgudel teostatud tehingud või inimeselt inimesele heategevuslik annetustegevus läbi mingi ühingu või ettevõtte tegevuse tagajärjel. Kuna eelpool kirjeldatu annab ülevaate erinevate tekstiilesemete ringlemise tavapraktikast, siis mainitud näidetele tuginedes saab väita, et tarbijajärgsetele tekstiiliesemetele on turg olemas kas tootele või tootest saadava materjalile. (Gustav Sandina, Greg M.Peters, 2018), (Jõgi, 2019)

Süsta tekstiilkattest kiigu istme valmistamine toimus projektipõhisel tootmissüsteemil, mille tingis materjali limiteeritud kogus ja eesmärk võimalikult suures koguses materjali tootes ära kasutada. Lõppkokkuvõttes saab projekttoote valmistamisprotsessi hinnata projektipõhise tootmissüsteemi vääriliseks keskmisest keerulisema tehnoloogilise lahenduse tõttu ja valminud istet taaskasutust toetava tootedisaini tulemiks. (Jüri Riives, Jaak Lavin, 2014)

Projekttoote valmimise analüüs on esitatud töö lisas. (L2. Projekttootmine sadulsepa töökojas). Järgnevalt on lisatud foto kiigu istme kattes pealtvaates.





Joonis 5. Valmis kiigu istmekate. Autori foto

Fotol esitatud veesõiduki tekstiilkatte uuskasutusel lähtus autor materjali omadustest, mis selgusid kattega töötamisel. Projektis kasutatud tekstiilmaterjalide analüüs on esitatud töö lisas. (L1. Projekti tekstiilmaterjalide analüüs). Seega saab väita, et toodetud tekstiilmaterjalide ringluses püsimiseks ja praktilise kasutusea pikendamiseks võib materjalide omadusi analüüsidest jõuda erinevate uute rakendusideedeni.

## 1.4 Plasti ringluse edendamine Eestis

Järjest enam ettevõtjaid on tunnistamas, et plastikprügist on võimalik ümbertöötlustehnoloogia arendamise tulemusel toota vajalikke tooteid nagu riided, avaliku ruumi rajatised ja mööbel ning näiteks hooldusvabad katuseehitus moodulid. Hollandis katsetatakse plastikprügi näiteks teedehituses ning senised katsed on näidanud, et plastikprügist toodetav segumass on asfaldist kergem, tugevam ja vastupidavam. (Plastijäätmetest ümbertöödeldud spordiriided, 2020), (Think Change

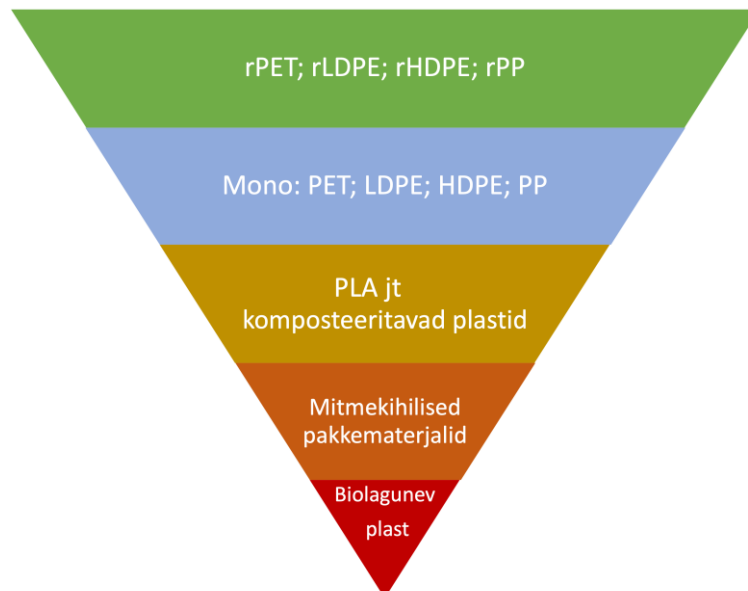
India, 2019), (Gomez, 2019), (Plastic Waste To Roof Tiles Start-Up In Kenya, 2019), (Hollandis ehitatakse nüüdsest plastikjätmetest teid, 2019)

Plasti ringluse edendamise mõistes on kõige eelistatumad plastid 100% või osaliselt sekundaarsest plasti regranulaadist valmistatud tooted.

rPET, rLDPE, rHDPE, rPP materjalide eelistamine stimuleerib jäätmete tekke vähendamist ja materjalide ringlusse võtmist tervikuna, kuna materjalid on saadud jäätmekäitlusest. (Joonis 6) Need plastid on juba korra jäätmekäitlus protsessi läbinud ning seejärel täielikult või osaliselt uuesti ringlusse võetud. Esmasest toormest valmistatud plasttoode on korrektse jäätmete liigiti kogumise korral ringlusse võetav ja taaskasutatav, seega on tekkiva prügi jäätmeliigiti kogumine vajalik sorteerimise hõlbustamiseks ja ringlusse suunamise aluseks. (Eesti Plastitööstuse Liit, 2020)

Järgnevalt on lisatud eelpool mainitud Eesti Plastitööstuse Liidu koostatud erinevaid plastiliike koondava eelistushierarhia skeemjoonis, kus on näidatud, et bioplastid pole toote või selle pakendi puhul jäätmete vähendamise ja ringlusse suunamise aspektist eelistatud. Seda seetõttu, et materjali nimetus on tarbijat eksitav ja loodusesse sattudes võib muutuda mikroplasti reostusallikaks. (Eesti Plastitööstuse Liit, 2020)

Eesti Plastitööstuse Liit: plastjätmed ressursiks hierarhia.



Joonis 6. Plastist toote või pakendi materjali valikuvõimalused Eestis ja plasti taaskasutamise edendamine (Eesti Plastitööstuse Liit, 2020)

Jäätmekäitluse lihtsustamiseks on soovitatud eelistada materjali valikul eelpool nimetatuid ainult ühte plastiliiki. Ringlusse võetud polümeerist toote valmistamise

energiavajadus on 70% väiksem uuest toormaterjalist tootmisega võrreldes. (Eesti Taaskasutusorganisatsioon, 2020)

Kuna Eestis on esindatud kõik üldtuntud plastide töötlemise tehnoloogiad, siis seda enam on oluline plasti ringlust edendada, kui on teada, et uuest toormaterjalist tootmisega võrreldes on ringluse võetud polümeerist toote valmistamise energiavajadus 70% väiksem. Samas, selle info valguses on uuritud puhastamata pakendijäätmete kasutust kütteõli tootmisel põlevkivi pürolüüsi näitel. (Eesti Taaskasutusorganisatsioon, 2020)

2014-2018 tekkis Eestis plastijäätmeid ca. 39000t/a, millest energiatootmisesse suunati ca 23000t/a. Plastijäätmete ladestamine on uuritud perioodil suurenenud stabiilselt 370t võrra. Keskkonnaagentuuri uuringutel oli 2013-2017 perioodil ringluse osakaal 28%. (TTÜ: Pakendite taaskasutuse lahendus võib tulla põlevkivitööstusest, 2019), (Pakendijäätmete teke ja taaskasutus, 2019), (Reitalu, Tekstiili ja plastijäätmete kogused 2014-2018, 2020)

## **1.5 Plastijäätmete säästlik uuskasutus projekttoote näitel**

Eesmärk oli süsta kasutuskõlbmatu tekstiilkatte väärindamisprojekti kasutada minimaalselt uuest toormest saadud materjale. Autorile on teada, et sarnaselt sellele lahendusele on üks Hongkongi ettevõtte oma disainitud istmete sisutäiteks kasutanud jahvatatud plastpudeli korke, seega katsetati sisutäite materjalina jahvatatud plastijäätmeid.

Ühes sellises kott-tooli tüüpi istme sisutäite materjaliks on 4000 plastpudeli jahvatatud korgid. (Williamson, 2013) Eesti Pandipakendi andmetel toodetakse Eestis kokku kogutud plastikust joogipudelite korkidest uute joogipudelite toorikuid ja rPET lõnga, millest erinevaid tekstiile kududa. (Pandipakendite teekonna lugu. Plastpudeli teekond, 2020)

Autor uuris lisaks Eesti Pandipakendist, kuidas Eestis plastpudeli korgi materjali ümbertöötlemine toimub. Selgus, et plastpudel läheb käitluskeskuses esmalt pressimisele, mille tulemusel eemalduvad enamused pudelitest korgid. Seejärel läbivad plastpudelikud koos lahti tulnud korkidega trummel sõela, mille avaustest kukub kork

eraldi kogumiskotti ja plastpudel liigub automaatselt edasi värvi järgi sorteerimisele. Korgid, mis pressimise ja trummel sõela läbimise tulemusel pudelilt ei eemaldu, eemaldatakse plastpudeli helvestaja juures pesemisvannis. Nimelt on PET plast ja kork erineva raskusega ja pesemisvannis tekib nende purustamisel kahes erinevas raskusastmes materjale, mille tulemusel on lihtne materjale üksteisest eraldi kokku koguda.

Lõputöö projekti sisendiks on kasutatud lisaks tarbimisjärgsetele tekstiilidele veel ka plastijäätmeid, mille katsetamiseks saatis autor Plastrex Europe OÜ tootmisesse päringu huvi pakkuva koguse kohta. Arvestades üha suurenevate jäätmekoguste konteksti, on jäätmete kasutamine sisendina eelistatud. Veel saab väita, et ettevõtte on üha rohkem avatud suhtlusele, mis puudutab jäätmete tarbimist.

Järgneval joonisel (Joonis 7) on näha purustatud plastijäätmete ladustamisala. Tootmisest väljastati autorile 50kg töödeldud plastijäätmeid.



Joonis 7. Purustatud plastijäätmete ladustamisala Neular tootmises. Autori foto

Täitematerjalina kasutamisel on vaja arvestada, et loodava toote pealismaterjali omadused välistavad plastireostuse. Kui sellist materjali kasutada näiteks avalikus ruumis mööbli sisutäite materjalina, siis selle materjali eeliseks on lisaks uue toorme vältimisele ka materjali kaal, kuna näiteks Tallinna linnamööbli valiku ja paigutuse

juhendi järgi on linnas on nõue vabalt seisvatele pinkide kaalule, mis peab olema vähemalt 210 kg. (Tallinna linnamööbli valiku ja paigutuse juhend, 2020)

Järgnevalt on esitatud näide, millist mööblit autor kujutab avaliku ruumi mööblina, mille sisutäitematerjaliks on kasutatud suures osas plastijäätmeid ja kasutusmugavuse tagamiseks istumisaluse kihis ümbertöödeldud kiust lausmaterjal.



Joonis 8. Lamamistool (Pusku pusku Sunbed, 2020)

Fotol (Joonis 8) kujutatud toote sees on polüstüreengraanulid, mis on tulekindla töötlusega (EN ISO 11925-2/EN 13501 class E ja DIN 4102 aste B1/B2.) ning on vastavuses RoHS standardiga, mille eesmärk on piirata ohtlike ainete sisaldust näiteks elektroonikatootes. (Pusku pusku Sunbed, 2020), (RoHS tähis: Mida tähistab RoHS standard?, 2020)

Kui polüstüreengraanulid satuvad keskkonda, siis võttes aluseks materjali kerge kaalu võib väita, et polüstüreen graanulid tekitavad suuremat reostust kui raskema kaaluga plastikgraanulid, kuna võivad ilmastikuoludest sõltuvalt lihtsamini keskkonda hajuda. Seetõttu, kui toota eelpool näitena esitletud tooteid (Joonis 8), siis võiks eelistada polüstüreengraanulitele taaskasutatud plasti. (Rubio, 2018)

Kott-tool tüüpi mööbli valmistamisel on oluline mugavus, kuid autoril on kogemus, et jahvatatud plastijäätmed muudavad toote vormi jäigaks. Eelpool mainitud lahendusena saaks kasutada istumisaluse kihina ümbertöödeldud tekstiilkiududest paksemat

lausmaterjali, et sellise toote valmistamisprotsessi siduda materjale, mis on kunagi olnud jäätmed. (UltraTouch™ Denim Insulation, 2020)

Järgneval fotol on näha projektis kasutatud segaplastijäätmed, mis hangiti Neular tootmisest 2019. aasta novembris.



Joonis 9. Jahvatatud puhastamata plastikpakendid, millele on lisatud elektroonikajäätmed. Autori foto

Projekttoote täitematerjalina kasutatud purustatud plastiprügi sisaldab puhastamata plastikpakendeid, millele on lisatud elektroonikajäätmed ning segu ei sisalda kergesti taastöödeldavaid plaste nagu PET. (Neular tootmisprotsess, 2020) Istme sisutäiteks kasutatud jahvatatud segaplastijäätmed on kaitstud ultraviolettkiirguse jt. materjali omadusi muutvate tegurite eest, kuna kiik on paigaldatud välistingimustes varjualuse alla.(Vt. Lisa 6)

Vajadusel on võimalik materjal tagasi ettevõttesse toimetada, kuna nendega on kontakt säilinud. Purustatud segaplastijäätmete edasiseks töötlemiseks on vaja energiantensiivset ekstruuder tehnoloogiat. (Chamil Abeykoona, Adrian L.Kelly, Elaine C.Brown, Javier Vera-Sorroche, Phil D.Coates, Eileen Harkin-Jones, Ken B.Howella, Jing Deng, Kang Li, Mark Price, 2014)

Kui kõiki plaste saab materjali tüübi järgi kogudes ümber töödelda näiteks kasutades neid tekstiilitööstuses erinevate kiudude tootmisel, siis konkreetses projekttootes

kasutatud jahvatatud segaplastijäätmeid ei ole veel võimalik materjali omaduste tõttu tekstiilkiu tootmisesse suunata, kuna puuduvad sellekohased uuringud. Küll aga toodetakse Eestis segaplastijäätmetest terrassilaudu, vaheseinu ning erinevaid tugikonstruktsioone ja rajatisi. (Eesti Plastitööstuse Liit, 2020; Eesti Plastitööstuse Liit, 2020), (Eesti Taaskasutusorganisatsioon, 2020), (Neular tootmisprotsess, 2020)

## 2 METOODIKA

Magistritöö empiirilise osa eesmärgiks oli töödelda ümber süsta kasutuskõlbmatu tekstiilkate, katsetada jahvatatud plastijäätmeid sisutäite materjalina ja selgitada välja projektis kasutatud tekstiilmaterjalide koostised.

Süsta komposiitmaterjalist põhjaosa veekindlust testis autor süstaga 2019.aastal Elva jõel. Komposiitmaterjali seisukord on dokumenteeritud Projekti materjalide analüüsis, mis on esitatud töö lisas. (L1. Projekti tekstiilmaterjalide analüüs)

Süsta katte ümbertöötlemiseks pöördus autor sadulsepp Timo Talviku poole, kes oli nõus juhendama projekti praktilise poole valmimist ning võimaldas kasutada autoril oma töökoja seadmeid, et autoril oleks võimalik tekstiilkatte materjale kiigu istme projektis kasutada. Projekttootmise analüüs on esitatud töö lisas. (L2. Projekttootmine sadulsepa töökojas) Projekttootmise analüüsimiseks kasutas autor materjalivoo analüüsi meetodit ja kaardistas STAN programmiga kogu süsta tekstiilkatte uuskasutusprojekti, mille tulemusel hinnata uuritava süsteemi ehk projekttootmiseks kulunud materjalide ja energia koguseid. (Substance flow Analysis freeware STAN, 2020)

Projektis kasutatud tekstiilmaterjalide identifitseerimise eesmärk oli hinnata kasutatud materjalides peituvat energia, projektile kulunud energia ning projekttootes peituvat energia omavahelist suhet. Tekstiilmaterjalide määramine soodustab ka valmistatud istme omaduste säilitamist, kuna saadud andmete põhjal on võimalik kiigu istet teenindada meetodite ja vahenditega, mis on kooskõlas materjali koostisega.

Autor soovis katsetada valmis istme sisutäite materjalina jahvatatud plastikprügi, seega kontakteerus autor Neular kaubamärgi tootjaga ja sai projektis katsetamiseks vajaliku koguse materjali. Saadud materjali koguse suuruseks oli 50kg jahvatatud seguplastijäätmeid. Materjali valiku tõttu tekkis autoril järgnevad küsimused:

1. Kas jahvatatud plastikprügi võiks kasutada mööbli sisutäite materjalina?
2. Kas jahvatatud plastijäätmete kasutamist mööbli valmistamisel võib tõlgendada kui säästlikku materjali kasutust?

Mainitud küsimustega pöördus autor kirja teel TTÜ Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituudi professor PhD Andres Krumme poole ja tema vastustest inspireeritud järeldused kajastuvad töö tulemuste järelduste peatükis.

Tekstiilikiudude määramiseks kasutatakse erinevaid meetodeid, mille valik sõltub uuritava materjali proovikogustest ja üldisest uuringu eesmärgist teada saada kas kvalitatiivseid või kvantitatiivseid andmeid. Autoril oli võimalus konsulteerida TTÜ



Materjali – ja Keskkonnatehnoloogia vanemlektor PhD Tiia Plamusega, kes pakkus välja süsta tekstiilkatte põhjadetaili komposiitmaterjalili koostise määramiseks FT-IR testimismeetodi. FT-IR spektroskoopia võimaldab tuvastada kahepoolelt armeeritud tekstiilmaterjalis esinevad ained, leides testis osalenud proovitüki ainekoostise interferogrammide valitud andmebaasist vaste. (Signe Vahur, Ivo Leito, 2019), (Markova, 2019)

Ümbertöödeldud süsta tekstiilkate koosnes katte tekiosas täissünteetilisest kootud kangast ja põhjaosas kahepoolelt armeeritud komposiitmaterjalist. Projekttootmise tulemusena kasutati nimetatud tekimaterjali ainult abimaterjalina. Seega mõjutab istme eluiga peamiselt komposiitmaterjali omadused, millest järelalusena kasutati FT-IR meetodikat komposiitmaterjali koostise määramiseks.

Järgnevalt on selgitatud materjalivoo analüüsi ja FT-IR spektroskoopia tööpõhimõtteid.

## **2.1 Projekttootmise materjalivoo analüüs**

Selleks, et tekstiilkattega süsta materjalist hoovikiigule istme valmimist visualiseerida, kasutas autor projektipõhise tootmissüsteemi analüüsimiseks materjalivoo analüüsi meetodit. (V.N. Thai, A. Tokai, Y. Yamamoto, D.T. Nguyen, 2014)

Materjalivoo analüüsi meetodit kasutades on võimalik energia ja materjalivooge kaardistada skeemi abil, mille koostamisel on võimalik analüüsida uuritava süsteemi materjalide ja energia sisend - ja väljundvooge. Analüüsi tulemusena on võimalik tuvastada uuritava süsteemi piires peamised materjalikulud - ja väljavood (heitmed, jäätmed) ning lisaks hinnata kogu uuritava tootmisprotsessi panust inimese loodud tehnosfääri. (V.N. Thai, A. Tokai, Y. Yamamoto, D.T. Nguyen, 2014)

Projekttootmise materjalivoo analüüs on esitatud tulemuste peatükis ja STAN programmi abil koostatud skeem kajastub töö lisas. (Substance flow Analysis freeware STAN, 2020), (Lisa 3)

## 2.2 FT-IR spektroskoopia

FT-IR spektroskoopia tööpõhimõte on salvestada uuritava materjali proovitüki energia vastavalt infrapunakiirguse lainepikkusele, kui see läbib proovitüki või peegeldub sellelt. Sõltuvalt uuritava materjali keemilisele koostisele toimub infrapunakiirguse neeldumine või peegeldumine. (Kiisk, 2020)

Mõõtmisseade registreerib proovitükist leitud ainete keemiliste sidemetele iseloomulikud võnkesignaaliid. Saadud signaalidele rakendub Fourier' teisendus, mille tulemusel saadakse infrapunakiirguse spektrogramm või interferogramm. Interferogramm joonistub graafikuna, mille y-teljel on infrapunakiirguse neeldumine või peegeldumine ja x-teljel lainete arv ühes sentimeetris, mis on tarkvara jaoks vajalikud andmed standard spektritega võrdlemisel ja vaste leidmisel. (Labochema Eesti infrapuna spektromeetrid, 2020), (Tumanov, 2017), (Peets, 2014), (Signe Vahur, Ivo Leito, 2019)

Kvalitatiivse FT-IR analüüsi andmed võimaldavad identifitseerida süsta põhjadetaili komposiitmaterjali ehk projekti peamise uurimisobjekti keemiline koostise, mille järgselt on võimalik teha järeldusi, kuidas kiigu istme valmistamiseks valitud materjalide omadusi säilitada autori valitud tingimustes.

Lisaks võimaldavad analüüsi andmed tuletada projekti valitud tekstiilmaterjalide tootmiseks tarvitatud vee ja energia hinnangulised kogused, sest erinevatele uuringu andmetele tuginedes on olemas eriliiki tekstiilmaterjalide 1kg materjali tootmisandmed tarvitatud vee ja energia kohta. (Eco-profiles of the European Plastics Industry: Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Copolymer (ABS), 2005), (Durfor, 1963), (Density of Plastics: Technical Properties, 2020)

## 3 TULEMUSED

Järgnevalt on esitatud kiigu istme materjalide projekttootmise materjalivoo ja FT-IR spektroskoopia tulemuste analüüsid.

### 3.1 Materjalivooanalüüsi tulemused

Uuritud süsteemi piires oli erinevaid protsesse 9 ja kogu süsta tekstiilkatte ümbertöötlusprotsessi tulemiks oli ca. 43kg kaaluv kiigu iste.

Kuna süsta karkassilt võeti maha 11kg tekstiilkate, millelt eemaldati alumiiniumsulamist võör ja achter kogukaaluga 1.8kg, siis ümbertöötleva materjali kogukaal oli 9.2kg. Istme katte omaduste uurimiseks oli vaja talletada protsessi 5 (Lisa 3) jääkmaterjal, mida on võimalik kasutada ka istme parandustöodes. Protsessi 5.1 tulemusel on parandustöödeks kokku 1.7kg nii süsta tekidetailide kui ka põhjaosa materjale. Järelikult töödeldi ümber 82% süsta tekstiilkatte materjale.

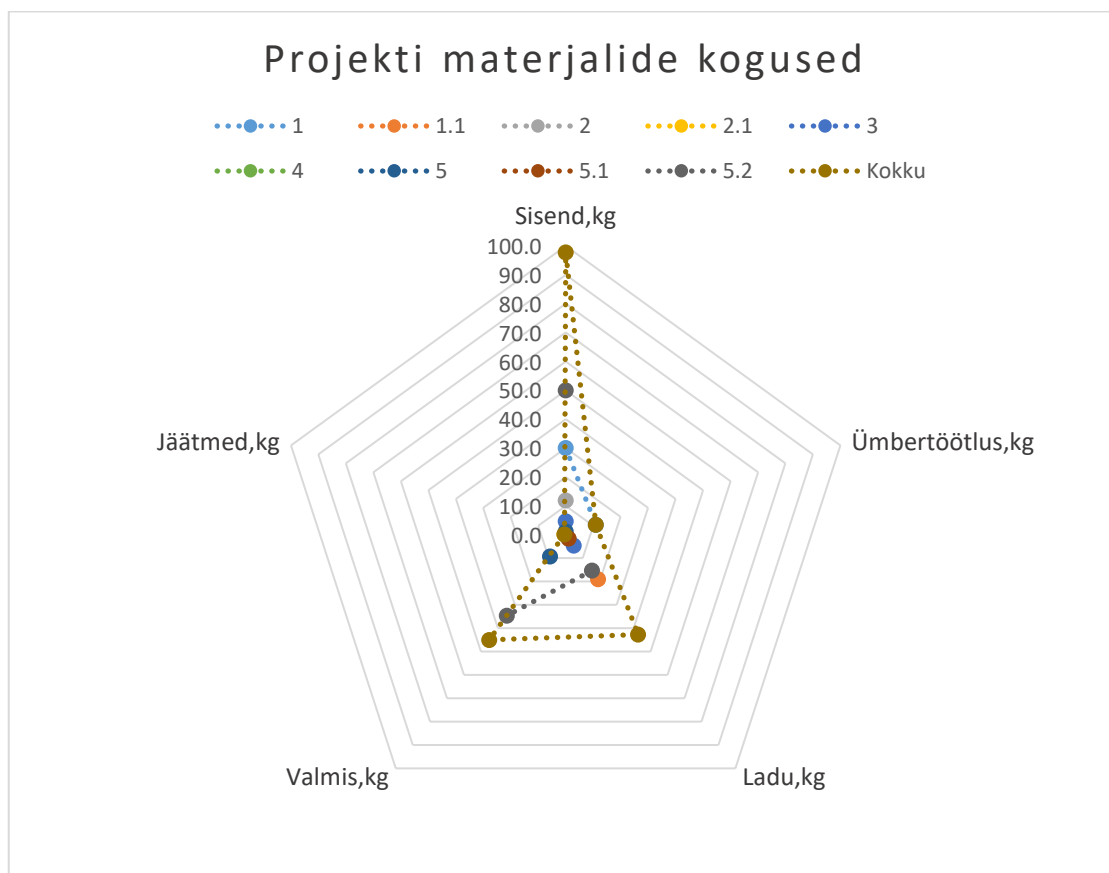
Materjalivoo analüüsi tulemusel saab väita, et projekttootmise jäätmete maht on 0.5kg, mis saadi protsessist 2.1 ja milleks oli süsta põhjadetailide komposiitmaterjalilt puhastatud parandusteip. Autor käitles nimetatud kogust olmejäätmetena. (Lisa 3))

Projekti sisendmaterjale oli kokku 97.8kg, millest 50kg moodustas Neular kaubamärgi tootjalt hangitud jahvatatud seguplastijäätmed.

Projekti jääkmaterjale on ca. 44kg, millest kasutamata seguplastijäätmeid on 35% ja ülejäänud materjalid on süsta raami juurde kuuluvad konstruktsiooni osad, ehituspapile kopeeritud tekstiilkatte lõiked, kiigu istme mulaaž, istme lõiked ja ümbertöötlemise tekstiilmaterjalide jääk.

Järgnevalt on esitatud materjalivoo analüüsi tulemused radardiagrammina (Joonis 10), millega on näidatud sisendmaterjalide ülekaalukat hulka, laoseisu suurenemist, minimaalset jäätmeteket ja valmis projekttoote ja sisendmaterjalide suhet.

Diagrammi legendis (Joonis 10) esitatud tähiste selgitused: 1- Tekstiilkatte raamilt eemaldamine, 1.1- Süsta karkassi ja osade ladustamine, 2- Tekstiilkatte käsitsi töötlemine. Detailide ehituspapile kopeerimine, 2.1- Katte puhastamisest tekkinud jäätmed, 3- Mulaaži valmistamine, 4- Lõigete valmistamine, 5-Kiigu istme detailide ja sisu ümbrise töötlemine, 5.1- Projekti materjal, 5.2- Valmis projekt;



Joonis 10. Süsta tekstiilkattest istme valmistamise materjalide kogused. Autori joonis

Diagrammilt (Joonis 10) joonistub välja, et projekti õnnestumiseks oli vaja hankida palju erinevaid materjale, mis kajastuvad uuritud projekttootmise skeemjoonisel. (Lisa 3) Diagrammilt järeldub, et süsta tekstiilkatte materjalid moodustavad sellest tagasihoidliku koguse.


### 3.2 FT-IR spektroskoopia tulemused

Valmistatud istme omaduste säilitamise vajadusest lähtudes on miinimum nõudeks materjali koostise kvalitatiivsete andmete väljaselgitamine, siis järgnevalt on esitatud TTÜ Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia laborist saadetud FT-IR infrapunaspetsroskoopia kvalitatiivsed tulemused süsta tekstiilkatte põhjadetaili komposiitmaterjalile. FT-IR spektroskoopia teostas laborisse saadetud materjali näidisele Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia labori teadur PhD Illia Krasnou. (Krasnou, 2020)

FT-IR analüüs registreeris valitud andmebaasist, FDM ATR Polymers, komposiitmaterjalile 50 erineva spektri vasted nii kanga kui ka mõlema armeeringu koostisele, seega spektromeeter analüüsis proovitükist saadud andmeid nimetatud andmebaasi 150 standard spektri võrdluses. (Krasnou, 2020), (FDM ATR Polymers andmebaas, 2020)

Järgnevalt on esitatud Tabelis 1 FT-IR analüüsi tulemused komposiitmaterjali põhiosale ehk maatriksile. (Tumanov, 2017)

Tabel 1. Komposiitmaterjali maatriksi andmed (Krasnou, 2020)

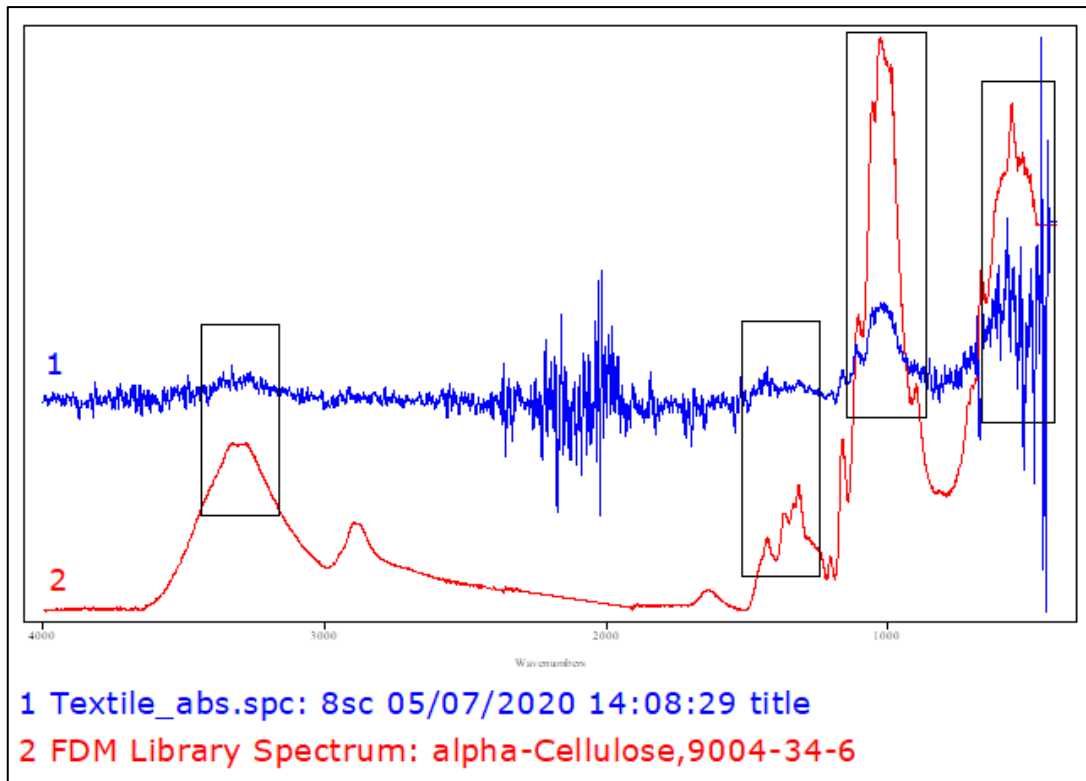
Näidis	Tulemus	Materjali nimetus andmebaasi järgi	Kood	Andmebaasi Nimetus
	0.7174	alpha-Cellulose,9004-34-6	0109	FDM ATR Polymers

Tabelis 1 esitatud andmetele tuginedes saab väita, et komposiitmaterjali maatriksiks on puuvillakiust tekstilmaterjal, millest võib järeldada, et komposiitmaterjaliks on puuvillane kootud kangas, mis on kahepoolsest armeeritud. (Tumanov, 2017)

Puuvillakiu eripäraks on niiskuse mõjul tursuda. Kiudude niiskumisel on kuivamiseprotsess aeglane. (Tuulik, 2011) Millest järeldub, et istme konserveerimiseks on vaja töödelda seda vahendiga, mis aitaks vältida materjali niiskumist ja hallituseente teket.

Tiia Plamuse konsultatsiooni järgselt võib väita, et kasutatud tehniliste tekstiilide eluiga pikendati vähemalt järgmiseks kümneks aastaks. Samas kui analüüsi järgselt on teada, mis koostisega tekstiili on vaja konserveerida, siis analüüsi andmetel on võimalik välja selgitada ka istmele sobiv niiskustõkke vahend, millega istme hooldamisel võiks kiigu istme kasutusiga pikendada veelgi.

Järgnevalt on esitatud komposiitmaterjali maatriksi infrapunaspetskoopia. (Joonis 11)




Joonis 11. Komposiitmaterjali maatriksi infrapunaspektoskoopia (Krasnou, 2020)

Joonisel 11 on märgitud uuritud proovitüki spektri (1) sobivus täispuuvillase standard spektrile (2). Kiukoostisele vaste leidmisel on olulised puuvillase kiukoostisele iseloomulikud võnked, mis tähistavad materjalis leitud ainete keemiliseid sidemeid.


Järgnevalt on esitatud Tabelites 2 ja 3 puuvillase kootud kanga armeeringute FT-IR spektroskoopia andmed. FT-IR andmetel on puuvillane tekstiilmaterjal armeeritud eriliiki ainekoostisega.

Tabel 2. Kootud kanga armeeringu infrapunaspektroopia tulemuse sobivus tulekindlaks töödeldud neopreenile ja akrüülnitriilbutadienstüroolile (ABS). (Krasnou, 2020)

Armeeringu näidis	Tulemus	Materjali nimetus adnmebaasi järgi	Materjali kood	Andmebaasi nimetus
	0.9701	Fire Retardant Neoprene Rubber, 50A Durometer, contains talc	1074	FDM ATR Polymers

Tabelis 2 esitatud analüüsi tulemustest võib järeldada, et süsta väliskiht on polükloropreen armeeringuga, millele on lisatud põlemist takistavaid aineid.

Tabel 3. Kootud kanga armeeringu infrapunaspektroopia tulemuse sobivus tulekindlaks töödeldud neopreenile ja akrüülnitriilbutadieenstüroolile (ABS), (Krasnou, 2020)

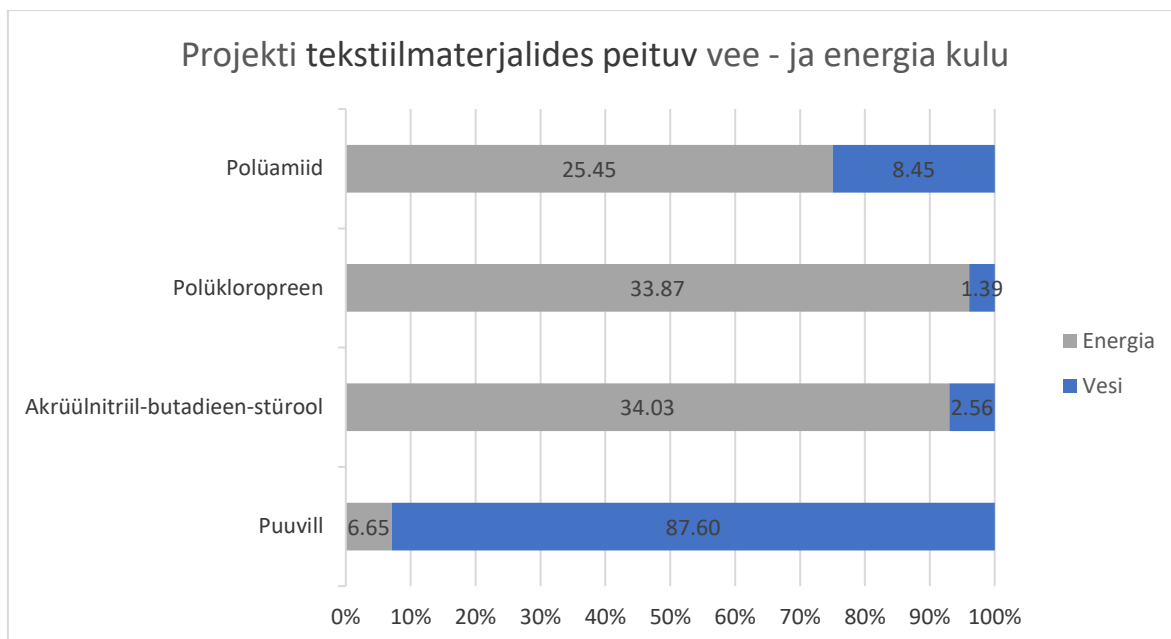
Armeeringu näidis	Tulemus	Materjali nimetus adnmebaasi järgi	Materjali kood	Andmebaasi nimetus
	0.9441	Acrylonitrile/butadiene copolymer, acrylonitrile 33%, talc present, 9003-18-3	0100	FDM ATR Polymers

Tabelis 3 esitatud andmetest võib järeldada, et süsta põhjamaterjali sisekiht on akrüülnitriilbutadieenstürool (ABS) armeeringuga.

Seega on tegemist on tehnilise tekstiiliga, mida on keeruline tööstuslikult ümber töödelda. (Niiler, 2014) Kuna materjal sisaldab põlemist takistavaid aineid, siis näiteks suurte jäätmemahtude puhul võiks eeldada, et projekti materjal ei sobi energia tootmiseks masspõletamise meetodil. Armeeringute koostiste määramise järgselt on vaja selgitada välja materjali konserveerimiseks sobiv hooldusvahend, mis sõltub komposiitmaterjali armeeringute mikropoorsusest. (Orav, 2013)

Komposiitmaterjali armeeringute interferogrammide on leitavad töö lisa. (Lisa 4)

Järgnevalt on lisatud joonis (Joonis 12), mis kirjeldab tekstiilkatte materjalides peidetud tootmisenergia ja vee tarbe osakaalude suhet kogu süsta tekstiilkatte materjalide summaarse koguse peale.



Joonis 12. Projekti tekstiilmaterjalides peituv vee – ja energia kulu

Joonisel 12 on näha, et puuvillase kanga tootmise veetarve on teiste materjalidega võrreldes ülekaalukas, kuna 1.45kg puuvillase kanga veekulu on 15950l ja sünteetiliste ainete veetarve on kokku 1945.6l. Seega kulus polükloropreeni ja akrüülnitriilbutadieenstürooli tootmiseks puuvillase kanga tootmisega võrreldes 88% vähem vett. Seevastu sünteetiliste ainete tootmise keskmine energiatarve on puuvillase kangaga võrreldes 21% suurem.

Järgnevalt on esitatud kogu projekti peidetud energia andmed ühtse tabelina (Tabel 4).

Tabelis esitatud andmed sõltuvad projekti materjalide kogustest. Autor arvutas projekti materjalide koguste suhtes hinnangulised peidetud energia mahud. Algandmed on leitavad töö lisa (Lisa 5)

Tabel 4. Projekti andmed (Lisa 3), (Lisa 5)

<b>Peidetud energia</b>	<b>kWh</b>
Süsta tekstiil, 82%	403
Plast ümbrise tekstiil	35
Plastijäätmed, 69%	66
Projekttootmine	35
Valmis iste	538



Tabelis 4 toodud andmetest järeldub, et kuna süsta tekstiilkate materjale töödeldi ümber 82%, siis suudeti säästa ülekaalukas osa välja arvatatud peidetud energiast.

## JÄRELDUSED

Materjalivoo analüüsist järeldub, et autoril oli võimalik süsta katte ümbertöötlemise projekti kogu tekstiilmaterjali kogusest kasutada 82%. Projekti tulemiks oli jahvatatud plastijäätmete lisamise järgselt ligi 43kg kaaluv istumisalus. Kiik on paigaldatud linna eramaja avatud hoovi ja seega on istme arvestatav kaal vandalismiohu puhul eeliseks, kuna seda on keeruline kiigust eemaldada. Istme kaalu tõttu on ka istme teenindatavus sellevõrra komplitseeritum.

Autor on lõpptulemusega rahul, kuna süsta vana kasutuskõlbmatu tekstiilkate leidis uue hingamise. Projekttootmise jääkmaterjale saab kasutada kiigu istme parandamisel ja teistes ettevõtmistes.

Kuna kõikides toodetud materjalides peitub vee - ja energiakulu, siis projekti valitud materjalide koostiste andmete uurimise tulemusel on võimalik tuletada kasutatud tekstiilmaterjalides peituv energia kogus. FT-IR andmetel on süsta tekstiilkatte põhjamaterjaliks puuvillane tekstiilmaterjal, mis on kahepoolselt armeeritud polükloropreen ja akrüülnitriilbutadienstürool ainega.

Järgnevalt on esitatud mainitud materjalide tootmisandmetest tuletatud süsta katte tekstiilmaterjalides peidetud energia väärtus. Algandmed on leitavad töö lisas. (Lisa 5)

Autori arvutuste kohaselt kulus süsta tekstiilkatte materjalide tootmiseks kokku 1.09GJ energiat ja 17895.6l vett, millele on võimalik omistada väärtuseks ca. 491 kWh. Kui on teada, et elektriauto kulutab 100km/15kWh, siis 491 kWh võimaldab sõita rohkem ca 3277km. Kuna istme valmistamiseks kulus hinnanguliselt ca. 35kWh, siis sellise koguse energia eest on võimalik sellise autoga sõita 232km. Järelikult peitub projektis kasutatud tekstiilmaterjalides väga oluline kogus energiat, sest saadud väärtuste vahe on rohkem kui 3000km. (How much power does an electric car use?, 2020), (Jones, 2008)

Projektis kasutust leidnud toodetud tekstiilmaterjalides peituva energia väärtus on kokku 438kWh ja kogu projekti energia väärtus on 538kWh. (Tabel 4) Järelikult leiab kinnitust, et kui eelistada taaskasutust toetavat tootedisaini, siis selliseid valikuid tehes panustatakse lisaks jäätmemahtude vähendamisele ka uute materjalide tootmiseks kuluva energia kokkuhoiuga. Viimast väidet toetab konkreetses projektis kasutatud tekstiilmaterjalides peidetud energia kogus, mis moodustub istmes peitavas energiast 81%.

FT-IR spektroskoopia andmetest järeldub, et kiigu istet on vaja töödelda selleks sobiva niiskustõkke vahendiga. Veel uuris autor TTÜ Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituudist projektis katsetatud jahvatatud plastijäätmete kasutuse kohta. Professor Andres Krumme hinnangul annab lõpliku vastuse sellise valmis toote eluringi analüüs, kuna oleks vaja välja selgitada toote valmistamise keskkonnamõju prügi tootesse sidumisest saadava kasu suhtes. Plastijäätmete kasutamisel jahvatatud kujul mööblis tekitab näiteks küsimusi, kuidas tagada kasutusmugavus ning vandalismi - ja reostusekindlus. Arvestades jäätmete koguseid, on Krumme hinnangul sellise toote keskkonnamõju mõõdukas, kuid tema sõnul võib igast väikesest või suurest positiivse mõjuga initsiatiivist kasu olla.

Magistritöö uurimisküsimuste tekkimisele andis ainet süsta renoveerimisprojekti esimene etapp, mil süsta kasutuskõlbmatust tekstiilkattest valmistati Maffam Freeform kiigule iste. Projekti eel liigitus süsta karkassilt maha võetud tekstiilkate tarbimisjärgseks tekstiljäätmeks. Kuna magistritöö teoreetilises osas käsitletud statistika andmetel on tarbimisjärgsete tekstiljätmete mahud Eesti prügilate ladestusaladel suurenenud, siis autor soovis kogeda, kuidas oleks võimalik säästlikult ümber töödelda 5m<sup>2</sup> tekstilmaterjali.

Emotsionaalsele otsusele isa paat säilitada ja tekkivatest jäätmetest projekt käima lükata, võib projekttoote valmimise järgselt vaadata tagasi tõdemusega, tarbijajärgsete tekstiilide ja plastide taaskasutamine on põhjendatud eelkõige taaskasutust toetava tootedisainiga, mille sisenditeks on võimalik jäätmeid kasutada ning selline tootedisain vähendab jäätmete teket konkreetse majapidamise piires.

Käesoleva töö uurimisküsimustele saab analüüsi tulemuste järgselt vastata:

1. Tarbijajärgsete tekstiili - ja plastijäätmete uuskasutus on põhjendatud toodetud materjalidele uue väärtuse andmisega. Lisaks on teada, et kõikides materjalides on peidetud energia. Seega kui võtta eeskujuna riikidest, kus lähtutakse materjalide ringluse väärtussüsteemi hüvedest ja jäätmete vähendamise olulisusest kodumajapidamise piires, siis autori eesmärk tekstiili - ja plastijäätmeid väärindada õnnestus. Seda seetõttu, et eesmärgiks oli kasutada majapidamisest tekkivaid jäätmeid ja sisutäite materjaliks on kodumajapidamistest kokku kogutud ja purustatud pakendi - ja elektroonikajäätmed.
2. Tekstiilsüsta kattest oli võimalik säästlikult valmistada Maffam Freeform rippkiigule iste, kuna 82% kätte materjalidest töödeldi käsitööna ümber juhindudes kogunud sadulsepa soovitustest.

3. Uuskasutus projekti valitud tekstiilmaterjalide koostised oli võimalik identifitseerida FT-IR spektroskoopia kasutamisel. Spektroskoopia andmetele tuginedes oli võimalik arvutada erinevatele uuringutele tuginedes materjalides peituvat energia kogus, et hinnata projekti energia säästmise väärtust.
4. Jahvatatud seguplastijäätmeid on võimalik kasutada mööbli valmistamiseks, kuid avaliku ruumi mööblis plastijäätmete kasutamine tekitab küsimusi, kuidas tagada kasutusmugavus ning vandalismi - ja reostusekindlus. Lisaks tekib küsimus, milline on sellise toote valmistamise keskkonnamõju prügi tootesse sidumisest saadava kasu suhtes.

## KOKKUVÕTE

Kiigu istme projektiga tegeledes tekkis autoril ülevaatic pilt, et süsta tekstiilmaterjalidest kiigu istme valmistamisega suunatakse jäätmekäitlusest uuskasutusse tehnilisi tekstiile ja plastijäätmeid, mis üldistatuna on sünteetilise päritoluga keemiatööstuse saadused. Autor analüüsis Eesti tekstiilijätmete probleemistikku ja tekstiiliringlust edendavaid praktikaid ning plastijätmete ringluse olukorda. Analüüsimiseks kasutas autor Jäätmearuandluse infosüsteemi statistikat ja erinevaid kirjandusallikaid. Autor jõudis järeldusele, et mõlema jäätmeliigi ladestusmahud on lähiaastatel suurenenud ja see töötab riiklikult seatud eesmärkide suhtes vastupidiselt, kuna prügila ladestusaladelt tekib KHG kõige rohkem.

Ringmajandus tugineb Eestis kodanikualgatusel ja seda tervitatavam on kasutada eriliiki tekstiili - ja plastijätmeid erinevates projektides. Kuna autorit huvitab säästlik materjali kasutus, siis magistritöö peamine eesmärk oli projekttootmise raames kasutuskõlbmatu süsta tekstiilkattest valmistada kiigu iste ja määrata kasutatud tekstiilmaterjalide koostised. Eesmärgiks oli tuletada materjalides peituvad vee ja energia kulu väärtused, mille andmetel põhjendada jäätmete uuskasutust. Analüüsitud tekstiilmaterjalide omadustest sõltub kiigu istme säilivus.

Magistriõpingutega seonduvalt tekkis autoril võimalus külastada Väätsa Prügila AS, kus toimub nõudluse järgi eriliiki materjalide kokku kogumine, käitlemine ja ringlusesse suunamine. Ettevõtte külastuse järgselt tekkis autoril idee katsetada eelpool tutvustatud hoovikiigu istme projektis sisutäitematerjalina jahvatatud plastiprügi, sest autorile on teada, et sarnase lahendusena on üks Hongkongi ettevõtte kasutanud oma toolide sisutäiteks jahvatatud plastpudeli korke. Idee katsetamiseks hankis autor Plastrex Europe OÜ tootmisest vajaliku koguse jahvatatud plastijäätmeid. Ca 1m<sup>2</sup> pinnalaotusega erikujulise istme sisutäiteks kulus 34.6kg jahvatatud pakendi - ja elektroonikajäätmeid.

Süsta tekstiilkatte ümbertöötlemiseks võttis autor ühendust sadulsepa - ja polstritöödega tegeleva ettevõtte Omit OÜ omaniku ja meistri Timo Talvikuga. Temale praktikaprojekti tutvustamise järgselt 2019. aasta oktoobris selgus, et praktiliste töödega on võimalik ettevõtte töökojas algust teha käesoleva aasta jaanuaris. Kuna istme projekttootmine kaardistati materjalivooanalüüsi meetodil, siis kokkuvõtlikult saab väita, et 11kg süsta katte tekstiilmaterjale kasutati 82%. Tekstiilmaterjalide jääke saab kasutada istme parandamises või mõnes uues projektis.

Ümbertöödeldud komposiitmaterjali koostist oli TTÜ Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituudi vanemlektori Tiia Plamuse konsulatsiooni järgselt võimalik identifitseerida FT-

IR infrapunaspetsroskoopia meetodil. Uuringute järgselt selgus, et projektis kasutatud komposiitmaterjali omaduste tõttu on vaja istet töödelda sobiliku niiskustõkke vahendiga.

FT-IR infrapunaspetsroskoopia andmetel oli võimalik tuvastada ka ümbertöödeldud tekstiilmaterjalides peitua energia hinnanguline kogus, millest järeldus, et projektis kasutatud tekstiilmaterjalides peitua energia kogus võimaldab 15kWh/100km elektriautoga sõita ligi 3000km. Toodud näitega on võimalik iseloomustada tekstiilmaterjalide väärimdamise olulisust isegi tagasihoidlikuma materjalikoguse ümbertöötlemisel.

Kuna autorit huvitab jahvatatud plastijäätmete kasutus mööbli sisutäite materjalina, siis oleks vaja sellise tootele teostada olelusringi analüüs, et selgitada välja toote valmistamise keskkonnamõju prügi tootesse sidumisest saadava kasu suhtes. Veel tekitab jahvatatud plastijäätmete kasutamine mööblis küsimusi, kuidas tagada kasutusmugavus ning vandalismi - ja reostusekindlus.

Kuna uurimistöõ tulemusena selgusid tekstiilkatte materjalide koostised ja omadused, siis uue parema katte valmistamiseks on võimalik uurida ümbertöödeldud kiududest valmistatud tehniliste tekstiilide omadusi ja võimalusi nende säästlikuks hankimiseks. Autor soovib edasistes projektides uurida ka tehnilistele tekstiilidele alternatiivseid materjale uue katte valmistamiseks, eesmärgil, et seljakotti pakkimise võimalus säilib. Lisaks tekkis autoril huvi uurida, kas süsta alumiiniumsulamist vööri ja ahtri detaile saaks asendada projektist järgi jäänud seguplastijäätmetest toodetud detailidega.

## SUMMARY

The following Master`s thesis was "Kayak textile skin and plastic waste upcycling for Maffam Freeform swing seat project".

As projects input materials were technical textiles and plastic waste, which both are products of the chemical industry, then this paper reviews problems and implemented practices of textile and plastic waste management in Estonia. Author used Waste reporting system and related publications to conclude that landfill volumes of both types of waste have increased in 2014-2018 and this works against the national targets, as landfills emit the most GHGs. Authors study showed, that it is important to find a suitable solutions for both textiles and plastics within household, as Waste reporting system statistics show that the share of both textiles and plastics in MSW and in landfilling have increased significantly.

Practices used in worlds leading countries in recycling show, that downsizing household waste is important and effects total countries MSW. Thus, author`s project is a good example of productdesign that supports recycling: waste was implemented in design process and useful product was made.

The project started with the idea of making a new, better skin for the kayak bodyframe using modern technical textiles, while maintaining kayak`s original feature packing it in a backpack for transportation.

As author is interested in the economical use of textile materials in general, then authors main goal of the study was to upcycle old kayak textile skin in a creative way and learn about the compositions of the recycled textile materials. The purpose of finding out the compositions of the upcycled textile materials was to find out the hidden water and energy amounts in these textiles. This data is important to evaluate how much energy is saved by using productdesign that supports recycling. In addition, service life of the Maffam Freeform swing seat depends on choosing right care product for the studied materials.

As textile material circulation is in authors point of view reasoned by hidden water and energy costs, then a new purpose for old textile skin was brainstormed. As author was installing swings in her public downtown courtyard, so the idea arose to use old kayak skin material to make a pillow for Maffam Freeform swing. After working with old skin parts and the shape of the swing, the author came to the conclusion, that it would be appropriate to research possibilities to use plastic waste for seats volume filling, because

author was aware of a design company based in Hong Kong, that uses recycled plastic bottle caps to fill their beanbag chairs.

In connection with Master's studies author had the opportunity to visit Väätsa Prügila AS, where special types of waste materials are collected and recycled according to material value. After visiting Väätsa Prügila AS, a company that plays a significant role in waste management in Estonia, sorting waste materials and forwarding these materials for upcycling, it became more clearer why it is important to use waste materials as input. As author wanted to test plastic waste as filling material, hence brand Neular production was contacted to receive a small test amount of grounded plastic waste in November 2019. The finished pillow with surface area approx. 1m<sup>2</sup> contains 34.6kg recycled household plastic waste.

For kayak skin upcycling, the author contacted Timo Talvik at Omit OÜ, a company in Estonia, which is engaged in saddlery and upholstery work since 2004. After the Maffam Freeform seat project was introduced to Timo as a internship project in October 2019, the work with kayak`s textile materials in the company's workshop started in January 2020. As the kayak skin transformation process at workshop was mapped using material flow analysis method, it can be stated that 82% of the old skin material was upcycled using various handycraft techniques.

After upcycling part of project was finished in February 2020, author contacted Institute of Materials and Environmental Technology at TalTech to consult with Ph.D. Tiia Plamus about different material composition identification methods and FT-IR spectroscopy was proposed for textile fiber identification. Tests were made by Ph.D. Illia Krasnou. FT-IR spectroscopy analysis results showed, that kayak skin material is 100% cotton, that is coated with polychloroprene and acrylonitrile-butadiene copolymer.

FT-IR spectroscopy data helped to study the amounts of hidden water and energy of upcycled textiles. Therefore it is estimated that approx. 18000l of water and 300kWh of energy was used to produce these textiles. If given hidden water amount were to be converted into energy, then an electric car with average consumption of 15kWh/100km could be driven 3277km. Given example illustrates that even modest amounts of upcycled textiles preserve remarkable amounts of energy in them.

Following consultations with Ph.D. Tiia Plamus and also Ph.D. Andres Krumme, it can be stated that the service life of these upcycled technical textiles was extended for at least the next ten years. After material identification, it is possible to identify a suitable care product that will waterproof swing seat to extend the lifespan of the upcycled textiles.



As the author is interested to study use of recycled plastic waste as a filling material for furniture, then a life cycle analysis of such furniture is essential to determine the environmental impact of manufacturing to evaluate benefits of using plastic waste as input material. The use of recycled plastic waste in furniture also raises questions about how to ensure products ergonomics, resistance to vandalism and pollution in public space. It is known, that polystyrene granules are used as filling material. As polystyrene is lightweight material, then if polystyrene granules are exposed into the environment, then it can be argued that polystyrene causes more pollution than heavier weight plastic particles, as it can be more easily dispersed into the environment depending on weather conditions.

All knowledge gained from this reaserach will help to find a lighter, fast drying and ethically produced material for the relic watercraft. New skin is to be made from production residues or abandoned textiles that comply with kayak's feature to be transported in a backpack. Also author is interested to study possibilities to turn leftover recycled plastic waste into new bow and stern parts.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- A new circular economy concept: from textile waste towards chemical and textile industries feedstock.* (2020). Kasutamise kuupäev: 18. 05 2020. a., allikas <https://cordis.europa.eu/project/id/641942>
- Afterlife kampsunid.* (2020). Kasutamise kuupäev: 17. 05 2020. a., allikas <https://www.storyofafterlife.com/et/shop/p/ruby-red/>
- Älä heitä roskeen vaan vie kiertoon.* (2020). Kasutamise kuupäev: 19. 05 2020. a., allikas <https://about.lindex.com/fi/kestava-kehitys/miten-sina-voit-vaikuttaa/uudelleenkaotto-ja-kierratys/>
- AS Väätša Prügila. (2020). Järvamaa. Kasutamise kuupäev: 20. 05 2020. a., allikas <http://www.prygila.ee/>
- Ashikhmina, P. (27. 01 2017. a.). H&M ja UBER teevad riide taaskasutuse lihtsamaks kui kunagi varem. Kasutamise kuupäev: 12. 05 2020. a., allikas <https://www.uber.com/et-EE/newsroom/hm-ja-uber-teevad-riide-taaskasutuse-lihtsamaks-kui-kunagi-varem/>
- Aus, R. (2011). *Trash to Trend*. Kasutamise kuupäev: 05. 05 2020. a., allikas Eesti Teadusinfosüsteem: <https://www.etis.ee/Portal/ProductServices/Display/0c3c1bcc-1915-4bbd-9fe8-68b1f825c515>
- Avalikud päringud Keskkonnaagentuuri jäätmearuandluse infosüsteemis.* (2020). Kasutamise kuupäev: 23. 04 2020. a., allikas <https://jats.keskkonnainfo.ee/main.php?page=statquery2public>
- Basaltfibre lace furniture Maffam Freeform. (2012). Kasutamise kuupäev: 20. 05 2020. a., allikas <https://www.facebook.com/MaffamFree/>
- Brinkmann, K. (2. 10 2019. a.). Omavalitsuste prügilate elushoidmise suur saladus. Kasutamise kuupäev: 22. 05 2020. a., allikas <https://www.aripaev.ee/uudised/2019/10/01/omavalitsuste-prugilate-elushoidmise-suur-saladus>
- Burning Characteristics of Synthetic Fibres.* (23. 02 2003. a.). Kasutamise kuupäev: 19. 05 2020. a., allikas <https://www.tensio-tech.com/tools-guides/burning-characteristics>
- Chamil Abeykoon, Adrian L.Kelly, Elaine C.Brown, Javier Vera-Sorroche, Phil D.Coates, Eileen Harkin-Jones, Ken B.Howella, Jing Deng, Kang Li, Mark Price. (2014). *Investigation of the process energy demand in polymer extrusion: A brief review and an experimental study.* Kasutamise kuupäev: 06. 05 2020. a., allikas <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261914009714>

- Chao, R. (10. 09 2019. a.). I helped create a unique upcycling system—but it won't solve fashion's waste problem. *Quartz*. Kasutamise kuupäev: 22. 04 2020. a., allikas <https://qz.com/1702984/why-upcycling-wont-change-fashions-waste-problem/>
- Density of Plastics: Technical Properties*. (2020). Kasutamise kuupäev: 14. 05 2020. a., allikas <https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/density>
- Domelen, D. V. (14. 09 2017. a.). Kasutamise kuupäev: 18. 05 2020. a., allikas <https://www.quora.com/How-many-kWh-can-you-get-from-burning-1-litre-of-gasoline>
- Durfor, C. N. (1963). Kasutamise kuupäev: 13. 05 2020. a., allikas Water Requirements of the Styrene, Butadiene, and Synthetic-Rubber Industries: <https://pubs.usgs.gov/wsp/1330f/report.pdf>
- Eco Design: Definition, Examples, Principles*. (12. 03 2019. a.). Kasutamise kuupäev: 05. 05 2020. a., allikas <https://youmatter.world/en/definition/definition-eco-design-examples-definition/>
- Eco-profiles of the European Plastics Industry: Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Copolymer (ABS)*. (2005). Kasutamise kuupäev: 13. 05 2020. a., allikas [http://www.inference.org.uk/sustainable/LCA/elcd/external\\_docs/abs\\_311147f0-fabd-11da-974d-0800200c9a66.pdf](http://www.inference.org.uk/sustainable/LCA/elcd/external_docs/abs_311147f0-fabd-11da-974d-0800200c9a66.pdf)
- Eco-profiles of the European Plastics Industry: POLYAMIDE 66*. (2005). Kasutamise kuupäev: 13. 05 2020. a., allikas [http://www.inference.org.uk/sustainable/LCA/elcd/external\\_docs/n66\\_311147f8-fabd-11da-974d-0800200c9a66.pdf](http://www.inference.org.uk/sustainable/LCA/elcd/external_docs/n66_311147f8-fabd-11da-974d-0800200c9a66.pdf)
- Eek, P. (02. 03 2016. a.). EL Ringmajanduse pakett, 2.12.2015 : jäätmekäitlus ja väljakutsed Eestile. Kasutamise kuupäev: 21. 01 2020. a., allikas <http://www.ejkl.ee/wp-content/uploads/2016/03/PeeterEek.pdf>
- Eesti Keskkonnajuhtimise Assotsiatsioon. (2020). *Olelusringi hindamine*. Kasutamise kuupäev: 05. 05 2020. a., allikas <https://www.ekja.ee/et/keskkonnajuhtimine/keskkonnajuhtimine/keskkonnateabe-edastamine/olelusringi-hindamine/>
- Eesti Plastitööstuse Liit. (22. 01 2020. a.). Millist plastikut valida, et edendada ringmajandust? Allikas: <https://www.plast.ee/plastjaatmete-ringluse-hierarhia/>
- Eesti riiklik energia- ja kliimakava eelnõu 2030. (2018). Tallinn. Kasutamise kuupäev: 14. 01 2020. a., allikas [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/estonia\\_draftnecp.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/estonia_draftnecp.pdf)
- Eesti Taaskasutusorganisatsioon. (2020). *Plastikpakendite taaskasutusest*. Kasutamise kuupäev: 06. 05 2020. a., allikas <https://www.sorteeri.ee/segapakend>

- Elbrecht. (2018). Informatsiooni automaatse kogumise, rikastamise ja CAD-süsteemile sisestamise meetod digitaalses rätsepakunstis. Kasutamise kuupäev: 03. 11 2018. a., allikas <https://digi.lib.ttu.ee/i/?9950>
- EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV (EL) 2018/851. (30. 05 2018. a.). Kasutamise kuupäev: 18. 05 2020. a., allikas <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/et/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=EN>
- FDM ATR Polymers andmebaas. (2020). Kasutamise kuupäev: 24. 05 2020. a., allikas [https://www.fdmspectra.com/FDM\\_ATR\\_FTIR\\_Polymers.html](https://www.fdmspectra.com/FDM_ATR_FTIR_Polymers.html)
- Fletcher, K. (2008). Sustainable Fashion and Textiles: Design Journeys. London. Kasutamise kuupäev: 13. 05 2020. a., allikas <https://books.google.ee/books?id=7mtPFUzjzLYC&lpg=PA13&dq=water%20consumption%20of%201kg%20nylon&hl=et&pg=PA5#v=onepage&q&f=false>
- Francisco Martinez, Aro Velvet. (17. 02 2017. a.). Remondi igapäeva-afektid Eestis. Kasutamise kuupäev: 20. 05 2020. a., allikas <https://kultuur.err.ee/315822/remondi-igapaeva-afektid-eestis>
- Global chemical fiber production from 2000 to 2018. (2020). Kasutamise kuupäev: 24. 05 2020. a., allikas <https://www.statista.com/statistics/271651/global-production-of-the-chemical-fiber-industry/>
- Global plastic production from 1950 to 2018. (2020). Kasutamise kuupäev: 24. 05 2020. a., allikas <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>
- Gnadenteich, U. (29. 03 2014. a.). Vanad riided saab viia riidekonteinerisse. Kasutamise kuupäev: 23. 05 2020. a., allikas <https://www.postimees.ee/2743838/vanad-riided-saab-viia-riidekonteinerisse>
- Gomez, C. (11. 11 2019. a.). Joachim Froment designs 3D printed furniture out of recycled plastic waste. Kasutamise kuupäev: 22. 01 2020. a., allikas <https://www.designboom.com/design/joachim-froment-3d-print-furniture-recycled-plastic-waste-strat-belgium-11-10-2019/>
- Gustav Sandina, Greg M.Peters. (24. 02 2018. a.). Environmental impact of textile reuse and recycling – A review. *Journal of Cleaner Production*, 184, 353-365. Kasutamise kuupäev: 21. 01 2020. a., allikas <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618305985>
- H&M Store Locator. (2020). Kasutamise kuupäev: 23. 05 2020. a., allikas <https://www.hm.com/ua/store-locator/estonia/>
- Hollandis ehitatakse nüüdsest plastikjätmetest teid. (18. 09 2019. a.). Kasutamise kuupäev: 22. 01 2020. a., allikas <https://digi.geenius.ee/blogi/tuleviku-linn/hollandis-ehitatakse-nuudsest-plastikjaatmetest-teid/>

- How much power does an electric car use?* (2020). Kasutamise kuupäev: 13. 05 2020. a., allikas <https://www.energuguide.be/en/questions-answers/how-much-power-does-an-electric-car-use/212/>
- Humana Sorteerimiskeskus AS. (2020). Kasutamise kuupäev: 23. 05 2020. a., allikas <https://www.humanae.ee/riided-ringlusse/>
- Jäätmete ladestamine liigub vales suunas, pidevalt kasvades. Seetõttu piirab Keskkonnaamet jäätmete importi Eestisse. (22. 04 2019. a.). Kasutamise kuupäev: 12. 05 2020. a., allikas <https://bioneer.ee/keskkonnaamet-piirab-j%C3%A4%C3%A4tmete-importi-eestisse>
- Jõgi, M. (2019). *Tekstiiljäätmete taaskasutamine ja ringmajanduse kontseptsiooni rakendamine Eesti tekstiil- ja rõivatööstuses*. Kasutamise kuupäev: 21. 01 2020. a., allikas <https://digikogu.taltech.ee/en/Item/a6c45bfb-8790-4aca-85f5-8b4db529e686>
- Jõgisäär, K. (22. 03 2012. a.). Kasutamise kuupäev: 13. 05 2020. a., allikas Ärge raisake peidetud vett: <https://www.bioneer.ee/%C3%A4rge-raisake-peidetud-vett>
- Jones, W. D. (01. 04 2008. a.). *How Much Water Does It Take to Make Electricity?* Kasutamise kuupäev: 18. 05 2020. a., allikas <https://spectrum.ieee.org/energy/environment/how-much-water-does-it-take-to-make-electricity>
- Jüri Riives, Jaak Lavin. (2014). *Tootmise korraldamine. Tootmistüübid*. Kasutamise kuupäev: 05. 05 2020. a., allikas [https://www.plast.ee/wp-content/uploads/2015\\_--ppematerjal\\_Tootmise\\_korraldamineRiivesLavin.pdf](https://www.plast.ee/wp-content/uploads/2015_--ppematerjal_Tootmise_korraldamineRiivesLavin.pdf)
- Kald, I. (14. 09 2018. a.). Eesti idufirma võitis Hollandis 200 000 eurot. Kasutamise kuupäev: 17. 05 2020. a., allikas <https://www.ituudised.ee/uudised/2018/09/14/eesti-idufirma-voitis-200-000-eurot>
- Katre Eljas-Taal, Olga Mikheeva, Asel Doranova, Dominik Beckers, Kaido Väljaots, Tõnu Hein. (05. 07 2019. a.). *Ringmajanduse strateegia koostamise meetodika väljatöötamine*. Kasutamise kuupäev: 21. 05 2020. a., allikas <https://ringmajandus.envir.ee/sites/default/files/Strateegia%20-%20fotod/1.2%20Ringmajanduse%20indikaatorid%20I%C3%B5pparuanne%20050719.pdf>
- Kaufmann, B. (09. 08 2018. a.). The world of plastics, in numbers. Kasutamise kuupäev: 30. 04 2020. a., allikas <https://theconversation.com/the-world-of-plastics-in-numbers-100291>
- Keemiline lahustumine võib olla meie tulevik tekstiiljäätmete ringlusest eemaldamiseks*. (14. 03 2017. a.). Kasutamise kuupäev: 16. 05 2020. a.,

- allikas <https://lindstromgroup.com/ee/artikkel/tekstiiljaatmed-kui-globaalne-valjakutse/>
- Kiisk, V. (2020). *Spektroskoopia. Fourier' spektromeeter*. Kasutamise kuupäev: 11. 05 2020. a., allikas <http://kodu.ut.ee/~kiisk/spec.pdf>
- Koppelmaa, K. (3. 12 2014. a.). Kehrasse pannakse riiete kogumise konteiner. Allikas: <https://sonumitooja.ee/kehrasse-pannakse-riiete-kogumise-konteiner/>
- KOV jäätmehooldus toetus. (2020). Kasutamise kuupäev: 22. 05 2020. a., allikas <https://www.envir.ee/et/kov-jaatmehooldus-toetus>
- Krasnou, I. (2020). *Süsta tekstiilkatte põhjamaterjali FT-IR analüüs*. Kasutamise kuupäev: 07. 05 2020. a., allikas <https://drive.google.com/open?id=19b4g9dix0FkPGneXw0GnkszrByJJf2G5>
- Laan, T. (02. 06 2016. a.). Kohalikud omavalitsused saavad jäätmehoolduse arendamiseks 2,2 miljonit eurot. Kasutamise kuupäev: 22. 05 2020. a., allikas <https://maaleht.delfi.ee/tasubteada/kohalikud-omavalitsused-saavad-jaatmehoolduse-arendamiseks-2-2-miljonit-eurot?id=74709163>
- Labochema Eesti infrapuna spektromeetrid*. (2020). Kasutamise kuupäev: 11. 05 2020. a., allikas <https://www.labochema.ee/products/infrapuna-spektromeetrid/>
- Latex 2001: The Latex Industry in Transformation. (2001). Germany: Rapra Technology Ltd. Kasutamise kuupäev: 13. 05 2020. a., allikas <https://books.google.ee/books?id=w5BC3bm9YFsC&lpg=PA211&dq=energy%20consumption%20of%201%20kg%20Polychloroprene%20rubber&hl=et&pg=PA211#v=onepage&q=energy%20consumption%20of%201%20kg%20Polychloroprene%20rubber&f=false>
- Lelumees, T. (2019). *Tekstiiljäätmete mehaanilise ja keemilise ümbertöötlemise võimalused, ümbertöödeldud materjalide omadused ja sobivus uuteks rakendusteks Eesti kaitseväelase individuaalvarustuse näitel*. Kasutamise kuupäev: 17. 05 2020. a., allikas <https://digikogu.taltech.ee/et/Download/9cc9c494-8abd-458c-b46a-07a298da5a0c>
- Lelumees, T. (01. 07 2019. a.). *Tekstiiljäätmete purustamistehnoloogia ja uudsete materjalide arendamine tekstiiljäätmete väärindamiseks ja ringmajanduse toetamiseks*. Kasutamise kuupäev: 18. 05 2020. a., allikas <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/34baac99-d85a-4b5f-b243-0f56ccbde2c6>
- Lepassalu, V. (16. 07 2018. a.). KULUNUD SOKID KOKKUOSTU: Millal Eestis hakatakse maksma vanade riiete eest? Kasutamise kuupäev: 17. 05 2020. a.,

- allikas <http://www.pealinn.ee/krimi/kulunud-sokid-kokkuostu-millal-eestis-hakatakse-maksma-vanade-riiete-n223668>
- Lotamõis. (06 2018. a.). *Tekstiiljätmete käitlemine Eestis*. Tallinn. Kasutamise kuupäev: 3. 11 2018. a., allikas [http://eprints.ttkk.ee/3709/1/Laura-Ly\\_Lotam%C3%B5is\\_2018\\_l%C3%B5put%C3%B6%C3%B6.pdf](http://eprints.ttkk.ee/3709/1/Laura-Ly_Lotam%C3%B5is_2018_l%C3%B5put%C3%B6%C3%B6.pdf)
- Markova, I. (2019). *Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach*. Kasutamise kuupäev: 14. 05 2020. a., allikas <https://books.google.ee/books?id=gsaKDwAAQBAJ&lpg=PR25&ots=K3HHmAO RQi&dq=textile%20microscopy%20does%20not%20identify%20synthetic%20fibers&hl=et&pg=PR24#v=onepage&q=textile%20microscopy%20does%20not%20identify%20synthetic%20fibers&f=false>
- McCarthy, B. (2016). *Handbook of Technical Textiles*. Woodhead Publishing. Tsiteeritud 18. 01 2020. a.
- Mida teha tekkivate jäätmetega? Viljandi. (2020). Kasutamise kuupäev: 23. 05 2020. a., allikas <http://www.viljandi.ee/mida-teha-tekkivate-jaatmetega>
- Milleks säästa vett? (2020). Kasutamise kuupäev: 24. 05 2020. a., allikas [https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/public/Milleks\\_saasta\\_vett.pdf](https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/public/Milleks_saasta_vett.pdf)
- MTÜ Riidepunkt. (2020). Kasutamise kuupäev: 23. 05 2020. a., allikas <https://www.facebook.com/riidepunkt/>
- MTÜ Uuskasutuskeskus. (2020). Kasutamise kuupäev: 23. 05 2020. a., allikas <https://uuskasutus.ee/kauplused-2-2/>
- Muld, M. (14. 06 2019. a.). Inimesed viivad üha enam vanu riideid kogumiskonteineritesse. Kasutamise kuupäev: 22. 05 2020. a., allikas <https://www.err.ee/952618/inimesed-viivad-uha-enam-vanu-riideid-kogumiskonteineritesse>
- Mutli, M. (2017). *Eestis tekkinud tekstiiljätmete taaskasutusvõimalused isolatsioonimaterjalina*. Kasutamise kuupäev: 05. 05 2020. a., allikas <https://dSPACE.ut.ee/bitstream/handle/10062/57750/Mutli.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Närepe, M. (2015). *Tekstiilide ümbertöötlus ja taaskasutamine*. Kasutamise kuupäev: 12. 05 2020. a., allikas <https://digikogu.taltech.ee/en/Download/55c83398-ffde-459f-86ed-c0953758eef5>
- Neular tootmisprotsess. (2020). Kasutamise kuupäev: 06. 05 2020. a., allikas <https://www.neular.ee/lugu>
- Niiler, K. (2014). *Tekstiilmaterjalide ümbertöötlemise vajadus ja võimalused*. Kasutamise kuupäev: 12. 05 2020. a., allikas <https://digikogu.taltech.ee/en/Download/dfe4aa8b-2923-4ee7-8d91-280f271404d7>

- Noorvee, A. (2017). Kasutamise kuupäev: 16. 05 2020. a., allikas  
[https://www.envir.ee/sites/default/files/jaatmete\\_ringlussevotuks\\_ettevalmistamise\\_ja\\_ringlussevotu\\_parimate\\_praktikate\\_kaardistus.pdf](https://www.envir.ee/sites/default/files/jaatmete_ringlussevotuks_ettevalmistamise_ja_ringlussevotu_parimate_praktikate_kaardistus.pdf)
- Oras, K. (20. 09 2019. a.). *Kuhu liigid, Eesti prügi?* Kasutamise kuupäev: 18. 05 2020. a., allikas <https://blog.stat.ee/2019/09/20/kuhu-liigid-eesti-prugi/>
- Orav, T. (2013). *Poorse PDMS-i valmistamine*. Kasutamise kuupäev: 21. 05 2020. a., allikas [http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/35527/Orav\\_Tiina.pdf](http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/35527/Orav_Tiina.pdf)
- Pakendijäätmete teke ja taaskasutus*. (21. 11 2019. a.). Kasutamise kuupäev: 18. 05 2020. a., allikas <https://www.keskkonnaagentuur.ee/et/jaatmed-1>
- Pandipakendite teekonna lugu. Plastpudeli teekond*. (2020). Kasutamise kuupäev: 19. 05 2020. a., allikas  
<https://drive.google.com/open?id=1VVtkqgH98IIifyXbJWa3dJIVSRNAL8Jw>
- Parksepp, A. (03. 02 2020. a.). Keskkonnaministeeriumi asekanstler: soovime teha jäätmepöörde ja alustada sisuliselt nullist. Kasutamise kuupäev: 22. 05 2020. a., allikas <https://epl.delfi.ee/uudised/keskkonnaministeeriumi-asekanstler-soovime-teha-jaatmepoorde-ja-alustada-sisuliselt-nullist?id=88763299#>
- Peets, P. (2014). *Tekstiilkiudude analüüs ja klassifitseerimine ATR-FT-IR spektroskoopia meetodil*. Kasutamise kuupäev: 11. 05 2020. a., allikas  
[http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/43070/pilleriin\\_peets\\_keemia\\_bak14.pdf;jsessionid=FE98990F5938CC2B7ADFE97F87170055?sequence=1](http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/43070/pilleriin_peets_keemia_bak14.pdf;jsessionid=FE98990F5938CC2B7ADFE97F87170055?sequence=1)
- Plastic Waste To Roof Tiles Start-Up In Kenya. (27. 05 2019. a.). Kasutamise kuupäev: 22. 01 2020. a., allikas <https://industryeurope.com/mondi-awards-50k-to-plastic-waste-to-roof-tiles-start-up-in-kenya/>
- Plastijäätmetest ümbertöödeldud spordiriided. (2020). Kasutamise kuupäev: 22. 01 2020. a., allikas <https://susimust.com/collections/collection>
- Projekti materjalid* (2020). [Film]. Kasutamise kuupäev: 19. 05 2020. a., allikas  
<https://drive.google.com/open?id=17khmq5rEGwJGYhneTNuhX-y4wspGjPVD>
- Pusku pusku Sunbed*. (2020). Kasutamise kuupäev: 20. 05 2020. a., allikas  
<https://www.puskupusku.com/bean-bags-sunbed/sunbed-tarpaulin#!BE>
- Rannala, R. (31. 01 2020. a.). Tekstiilitööstust ootavad ees suured muutused. Kasutamise kuupäev: 22. 05 2020. a., allikas  
<https://majandus24.postimees.ee/6883711/tekstiilitoostust-ootavad-ees-suured-muutused>
- Reitalu, L. (03 2020. a.). *Süsta tekstiilist katte uuskasutus*. Kasutamise kuupäev: 06. 05 2020. a., allikas <https://photos.app.goo.gl/ZeYn19UurGi8FDPs5>
- Reitalu, L. (24. 04 2020. a.). *Tekstiili ja plastijäätmete kogused 2014-2018*. Kasutamise kuupäev: 05. 05 2020. a., allikas  
[https://drive.google.com/open?id=1Yh74hvoGmPC-y\\_LAO\\_4lxR9h2yHbIt-D](https://drive.google.com/open?id=1Yh74hvoGmPC-y_LAO_4lxR9h2yHbIt-D)



- RoHS tähis: Mida tähistab RoHS standard? (2020). Kasutamise kuupäev: 24. 05 2020. a., allikas <https://www.turcert.com/et/belgelendirme/urun-belgelendirme/rohs-belgesi/rohs-standart-kapsami-neleri-icerir>
- Rubio, M. R. (06. 09 2018. a.). Dealing with Polystyrene Wastes. Kasutamise kuupäev: 24. 05 2020. a., allikas <https://www.ecomena.org/polystyrene-wastes/>
- SA Säästva Eesti Instituut. (2014). *Tallinnas tekkivate olmejäätmete taaskasutamise töhustamise uuring parimate praktikate näitel*. Kasutamise kuupäev: 16. 05 2020. a., allikas <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2018/02/4530.pdf>
- Signe Vahur, Ivo Leito. (2019). Instrumental analysis of cultural heritage objects: IR spectroscopy. Tartu. Kasutamise kuupäev: 11. 05 2020. a., allikas <https://sisu.ut.ee/heritage-analysis/book/31-ir-spectroscopy>
- Soopan, I. (2020). Pooled taaskasutuseks annetatud ja jäätmejaamadesse viidud riietest hävitatakse. *Maaleht*. Kasutamise kuupäev: 21. 01 2020. a., allikas <https://maaleht.delfi.ee/uudised/pooled-taaskasutuseks-annetatud-ja-jaatmejaamadesse-viidud-riietest-havitatakse?id=88638575>
- Substance flow Analysis freeware STAN. (2020). Kasutamise kuupäev: 24. 05 2020. a., allikas <http://www.stan2web.net/>
- Susi, I. (2016). *Tekstiilijäätmete ümbertöötlemine ja taaskasutamine*. Kasutamise kuupäev: 12. 05 2020. a., allikas [https://www.envir.ee/sites/default/files/4\\_innar\\_susi\\_toom\\_tekstiil.pdf](https://www.envir.ee/sites/default/files/4_innar_susi_toom_tekstiil.pdf)
- Sustainable shoes without compromise*. (07. 03 2019. a.). Kasutamise kuupäev: 05. 05 2020. a., allikas <https://rensooriginal.com/blogs/news/sustainable-shoes-without-compromise>
- Taaskasutuse uus tase. (25. 10 2018. a.). Kasutamise kuupäev: 17. 05 2020. a., allikas <https://www.femme.ee/elustiil/taaskasutuse-uus-tase>
- Tallinna linnamööbli valiku ja paigutuse juhend*. (2020). Kasutamise kuupäev: 20. 05 2020. a., allikas <https://www.tallinn.ee/est/ehitus/Tallinna-linnamoobli-valiku-ja-paigutuse-juhend.pdf>
- Talvik, T. (2019). *Sadulsepa- ja polstritööd Omit OÜ*. Kasutamise kuupäev: 07. 11 2019. a., allikas <http://www.omit.ee>
- Teadlik ja kestlik materjalikasutus Stella Soomlais bränd näitel*. (2020). Kasutamise kuupäev: 05. 05 2020. a., allikas <https://www.stellasoamlais.com/brandist>
- The H&M Garment Collecting programme. (2013). Kasutamise kuupäev: 23. 05 2020. a., allikas [https://www2.hm.com/en\\_gb/ladies/shop-by-feature/16r-garment-collecting.html](https://www2.hm.com/en_gb/ladies/shop-by-feature/16r-garment-collecting.html)

- The Hidden Water in Everyday Products. (07. 02 2017. a.). Kasutamise kuupäev: 30. 04 2020. a., allikas <https://www.watercalculator.org/footprint/the-hidden-water-in-everyday-products/>
- Think Change India. (02. 10 2019. a.). Plastikprügist kuivkäimlad. Kasutamise kuupäev: 22. 01 2020. a., allikas <https://yourstory.com/socialstory/2019/10/sanitation-basicshit-delhi-eco-friendly-single-use-plastic>
- Tiia Plamus, Jaan Kers. (2019). *Lisandväärtuse tõstmine ja toorme tõhusam kasutamine biomajanduses ja selle sektorites. Tekstiili-, rõiva-, ja nahatööstuse väärtusahel*. Kasutamise kuupäev: 06. 05 2020. a., allikas [https://taltech.ee/public/b/biomajandus/Raportid/1.\\_Peatukk.\\_Meetodid\\_2.\\_Peatukk.\\_Eesti\\_biomajanduse\\_valdkondade\\_vaartusahelates\\_kasutatavad\\_bioresursid.pdf](https://taltech.ee/public/b/biomajandus/Raportid/1._Peatukk._Meetodid_2._Peatukk._Eesti_biomajanduse_valdkondade_vaartusahelates_kasutatavad_bioresursid.pdf)
- TTÜ: *Pakendite taaskasutuse lahendus võib tulla põlevkivitööstusest*. (20. 07 2019. a.). Kasutamise kuupäev: 06. 05 2020. a., allikas <https://www.plast.ee/ttu-pakendite-taaskasutuse-lahendus-voib-tulla-polevkivitoostusest/>
- Tumanov, T. (2017). *Kanepi - ja puidujahuga plastkomposiitide füüsikalised ja mehaanilised omadused*. Kasutamise kuupäev: 11. 05 2020. a., allikas <https://digikogu.taltech.ee/en/Download/0a67e3d9-f125-40c2-9ce1-8cd98de79de7>
- Tuulik, D. (2011). Tekstiilkiudude põhiomadused. Vastupidavus välismõjudele. Kasutamise kuupäev: 20. 05 2020. a., allikas [http://eprints.tktk.ee/154/1/vastupidavus\\_vlismjudele.html](http://eprints.tktk.ee/154/1/vastupidavus_vlismjudele.html)
- UltraTouch™ Denim Insulation. (2020). Kasutamise kuupäev: 24. 05 2020. a., allikas <http://www.bondedlogic.com/ultratouch-denim-insulation/>
- Unravelling the Truth behind Textile Waste. (01. 12 2017. a.). Kasutamise kuupäev: 12. 05 2020. a., allikas <https://www.loraas.ca/unravelling-truth-behind-textile-waste/>
- V.N. Thai, A. Tokai, Y. Yamamoto, D.T. Nguyen. (2014). *Eco-Labeling Criteria for Textile Products with the Support of Textile Flows: A Case Study of the Vietnamese Textile Industry*. Journal of Sustainable Energy & Environment. Kasutamise kuupäev: 20. 05 2020. a., allikas [https://www.researchgate.net/publication/304539765\\_Application\\_of\\_Material\\_Flow\\_Analysis\\_to\\_Evaluate\\_the\\_Current\\_Status\\_and\\_Potential\\_Recycling\\_of\\_Waste\\_Rubber\\_Tires\\_in\\_Viet\\_Nam](https://www.researchgate.net/publication/304539765_Application_of_Material_Flow_Analysis_to_Evaluate_the_Current_Status_and_Potential_Recycling_of_Waste_Rubber_Tires_in_Viet_Nam)
- Waste Inventory OÜ. (2017). Kasutamise kuupäev: 24. 05 2020. a., allikas <https://www.linkedin.com/in/kristiinamartin/?originalSubdomain=ee>

- Williamson, C. (11. 07 2013. a.). Beanbag Stools Filled with Recycled Bottle Caps.  
Kasutamise kuupäev: 6. 12 2019. a., allikas <https://design-milk.com/beanbag-stools-filled-recycled-bottle-caps/>
- York, A. (2020). *7 Ways to Limit Product Returns for Good & Keep Your Customers Happy*. Kasutamise kuupäev: 14. 05 2020. a., allikas <https://www.powerreviews.com/blog/product-returns/>

**LISAD**


# L1. Projekti tekstiilmaterjalide analüüs

## Komposiitmaterjali mehaaniline tugevus ja veekindlus

Komposiitmaterjali hinnanguline mehaaniline tugevus selgus materjali ümbertöötlemisele eelnenud juurdelõikusprotsessis. Komposiitmaterjali armeering oli süsta tekstiilkatte põhjaosas välisküljelt osaliselt hõredaks kulunud ning katte pinnal võis tuvastada auke, rebendeid. Materjali mehaaniline tugevus võimaldas seda käsitsi rebida. Nimetatud materjali omaduste seisukorra hinnangust järeldus, et veesõiduki põhjaosas on materjal kasutuskõlbmatu.

Järgnevalt esitatud komposiitmaterjali veekindlustestide kokkuvõtte (Tabel 1). Autor testis materjali uputamismeetodit kasutades ning uputas katsetes osalenud materjalitükke (3) 3h vees, et määrata, kas testi järgselt on proovitükkide kaal suurenenud, et teha järeldusi armeeritud materjali veekindluse kohta. Järgnevas tabelis on esitatud katsete andmed.

Tabel L1. Komposiitmaterjali veekindlustestide andmed

Proovitüki näidis	~Proovitüki kaal,g	~Uputatud proovitüki kaal, g
	18	20

Veekindlustestide kokkuvõtteada saab väita, et süsta komposiitmaterjalist põhjadetailid on kaotanud oma veekindluse, kuna uputamiskatsete tulemustest järeldub, et ca. 104 cm<sup>2</sup> pinnalaotusega materjali kaal suureneb keskmiselt 2g. Samuti on Tabelis L1 esitatud fotolt on võimalik tuvastada armeeringus mõranemisi kogu uuritava materjali pinna ulatuses.

## Süsta tekidetailide materjal

Süsta tekidetailide materjali koostise määras autor põletuskatse tulemusel ning hindas materjali põlemise iseloomu, lõhna ja põlemisjäägi järgi koostiseks polüamiidkiu. (Burning Characteristics of Synthetic Fibres, 2003), (Projekti materjalid, 2020) Tekidetailide materjali kasutas autor komposiitmaterjalist detailide omavaheliste kinnitusõmbluste abimaterjalina.

## **LISA 2**

## L2. Projekttootmine sadulsepa töökojas

Järgnevalt on kirjeldatud lühidalt tekstiilkatte ümbertöötlemise protsessi ning lisatud fotod annavad ülevaate kuidas valmis kiigu iste.

Autor palus end juhendada sadulsepa - ja polstritöödega tegeleva ettevõtte Omit OÜ omaniku ja meistri Timo Talviku, kellele praktikaprojekti tutvustamise järgselt 2019. aasta oktoobris selgus, et praktiliste töödega on võimalik ettevõtte töökojas algust teha käesoleva aasta jaanuaris. (Talvik, 2019) Oktoobri lõpus oli võimalik tutvuda ka ettevõtte töökoja tootmistingimustega ning selgus, et projektiks valitud tekstiilmaterjalidega on võimalik töökoja tingimustes töötada. Lisaks selgus, et Timo tegeleb süstasõiduga ning seega on võimalik temalt uurida uue katte säästliku valmistamise teemaga seonduvate ideede teostatavuse kohta.

Praktiliste tööde käigus töödeldi süsta tekstiilkatte ümber erikujulise rippkiigu istmeks, kasutades peamiselt erinevaid käsitöövõtteid. Autori eesmärk oli töödelda ümber võimalikult palju süsta tekstiilkatte komposiitmaterjali.

Autor katsetas valminud projekttoote sisutäiteks jahvatatud seguplastijäätmeid. Mainitud sisutäitematerjali valiku tõttu valmistas autor jahvatatud materjalile eraldi ümbrise, mille materjaliks kasutas autor isiklikust majapidamisest üle jäänud polüesterkiust madratsikatet ja selle furnituuri. Nimetatud materjali andmed kajastuvad töö järelduse osas ning ka lisan. (Reitalu, Süsta tekstiilist katte uuskasutus, 2020)

Istme mulaaži ja lõigete valmistamiseks kasutas autor töökoja jääkmaterjale. Mulaaži sisu koosneb peamiselt porolooni - ja vatiinilõikuse ülejääkidest ning koorik koosneb pakkematerjalide ja šabloonimise jääkidest. Lõiked valmistati samuti kilopakendijääkidest. Mulaaži valmistamiseks kulus autori hinnangul vähemalt 4l liimainet. Mulaaži on võimalik autori koduses majapidamises kasutada laste loovtegeluses abivahendina.

Järgnevalt esitatud 6 fotot illustreerivad istme projekttootmise erinevaid etappe.



L2. Joonis 1. Fotel on kuvatud Maffam Freeform kiigu põhja mulaaž, mida kasutas autor lõigete valmistamiseks, et valmistada kiigu iste. Autori foto



L2. Joonis 2. Fotel on kuvatud lahti võetud tekstiilsüsta katte materjalid. Fotel on näha mulaažilt võetud lõigete paigutamise poolik protsess. Autori foto





L2. Joonis 3. Foto süsta põhjamaterjalile kantud istme detailid ja projektis kasutatud materjali kuluvusaste. Autori foto



L2. Joonis 4. Fotol on istme detailid peale juurdelõikust. Autori foto



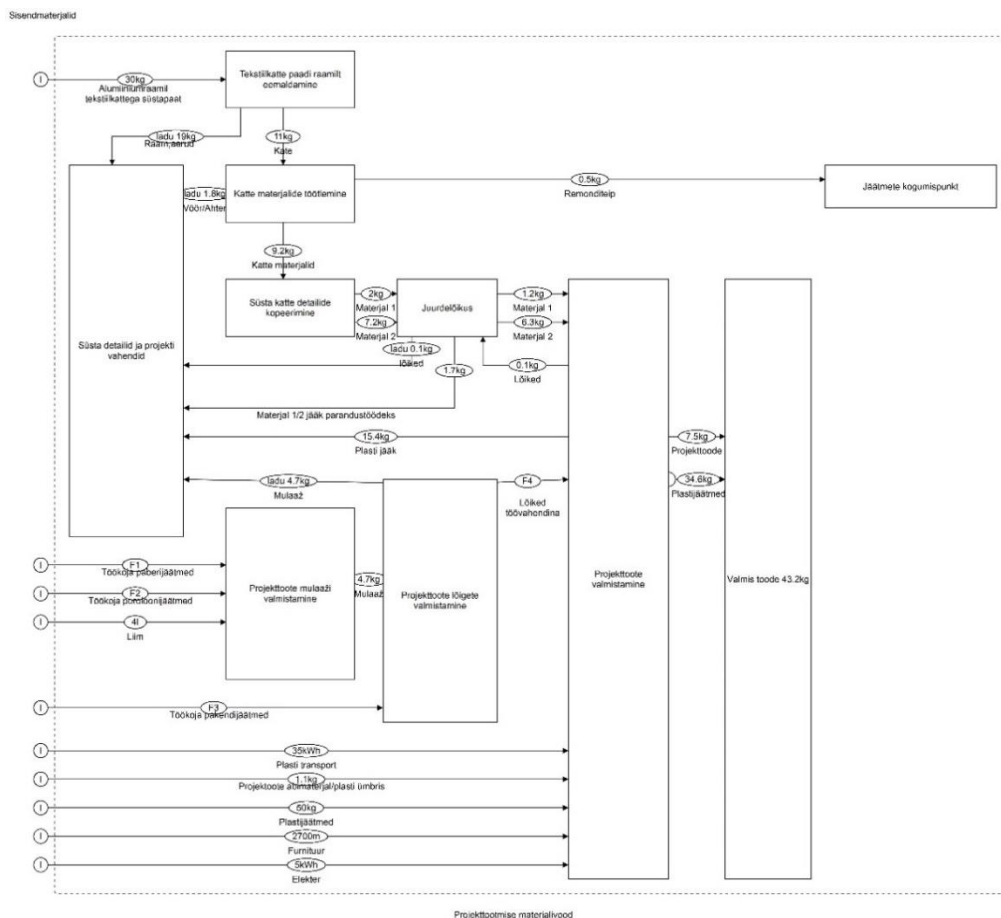
L2. Joonis 5. Fotol on valmis iste lähivaates. Autori foto



L2. Joonis 6. Fotol on valmis iste. Autori foto

## **LISA 3**

### L3. Projekti materjalid



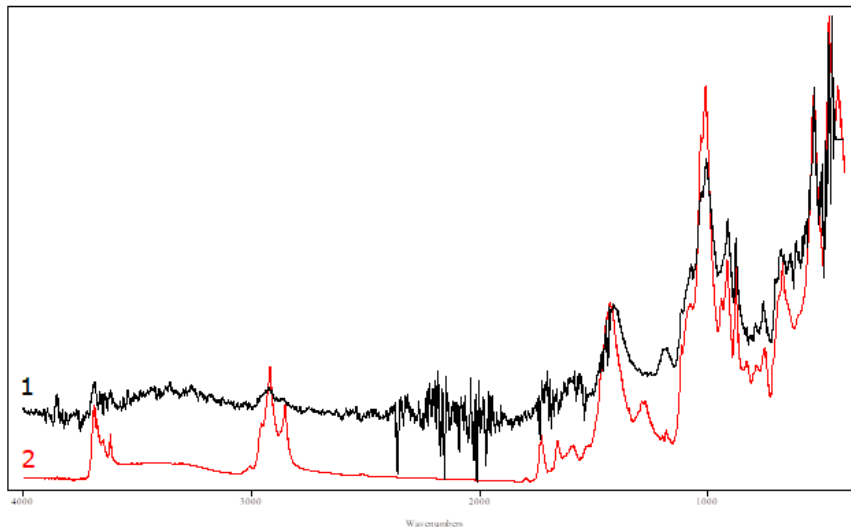
Joonise L3 andmed (Tabel L3) vastavalt järgmistele tähistele: 1- Tekstiilkatte raamilt eemaldamine, 1.1- Süsta karkassi ja osade ladustamine, 2- Tekstiilkatte käsitsi töötlemine. Detailide ehituspapile kopeerimine, 2.1- Katte puhastamisest tekkinud jäätmed, 3- Mulaaži valmistamine, 4- Lõigete valmistamine, 5-Kiigu istme detailide ja sisu ümbrise töötlemine, 5.1- Projekti materjal, 5.2- Valmis projekt;

Tabel L3. Projekti materjalid

Protsessi nr	Sisend,kg	Ümbertöötlus,kg	Ladu,kg	Valmis,kg	Jätmed,kg
1	30.0	11.0			
1.1			19.0		
2	11.9		1.8		
2.1					0.5
3	4.7		4.7		
4	0.1		0.1		
5	1.1			7.5	
5.1			1.7		
5.2	50.0		15.4	34.6	
Kokku	97.8	11.0	42.7	43.2	0.5

## **LISA 4**

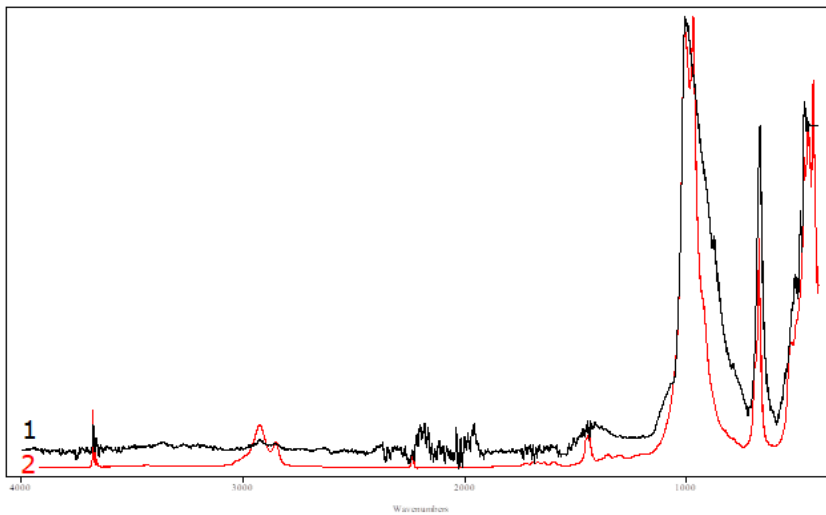
## L4. Joonis 1. Polükloropreen armeeringu spektrogramm



1 Green side\_abs.spc: 8sc 05/07/2020 14:15:29

2 FDM Library Spectrum: Fire Retardant Neoprene Rubber, 50A Durometer, contains talc

## L4. Joonis 2. ABS armeeringu spektrogramm



1 Black side\_abs.spc: 8sc 05/07/2020 14:18:59

2 FDM Library Spectrum: Acrylonitrile/butadiene copolymer, acrylonitrile 33%, talc present, 9003-18-3

## LISA 5

## L5. Projekti tekstiilmaterjalides peituv vee ja energia kulu

Tabel L5. Tekstiilmaterjalide andmed

Tekstiilkate	Materjali nimetus	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Kogus, kg	Veekulu l/kg	Kokku, l
1	Puuvill		1.45	11000	15950
1	Akrüünitriilbutadieenstürool (ABS)	1070 <sup>1</sup>	2.675	150	401.25
1	Polükloropreen	1230 <sup>2</sup>	3.075	71	218.325
2	Polüamiid		2	663	1326
3	Polüester		1.1	150	165
Materjali kokku			10.3	Veekulu kokku	18060.575
	Materjali nimetus	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Kogus, kg	Energia MJ/kg	Kokku MJ/kg
1	Puuvill		1.45	50	72.5
1	Akrüünitriil-butadieen-stürool	1070 <sup>1</sup>	2.675	138.62	370.8085
1	Polükloropreen	1230 <sup>2</sup>	3.075	120	369
2	Polüamiid		2	138.62	277.24
3	Polüester		1.1	109	119.9
Materjali kokku			10.3	Energia kokku	1209.4485
				Süst, kWh	490.97
				Ümbris, kWh	35.04

- 1 - paadi põhjamaterjal
- 2 - vööri ja ahtri tekiosad
- 3 - plastijäätmete ümbris

Järgnevalt on viidatud tabelis (Tabel L4) esitatud andmetele: (Jõgisaar, 2012), (Eco-profiles of the European Plastics Industry: Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Copolymer (ABS), 2005), (Durfor, 1963), (Eco-profiles of the European Plastics Industry: POLYAMIDE 66, 2005), (Fletcher, 2008), (Latex 2001: The Latex Industry in Transformation, 2001)

1070<sup>1</sup>, 1230<sup>2</sup> (Density of Plastics: Technical Properties, 2020)



## **LISA 6**

**L6. Foto A. Kiikla Pärnu mnt vaates**



**L6. Foto B. Kiikla hoovi vaates**

