



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

KAITSEVÄE VARUSTUSE ÜMBERTÖÖTLEMINE JA TAASKASUTUS

RECYCLING AND REUSE OF ESTONIAN DEFENCE FORCES MILITARY
EQUIPMENT

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Alice Andressoo

Üliõpilaskood: 142406

Juhendaja: Tiia Plamus

Kaasjuhendaja: Marika Müür

Tallinn, 2017.a.

Sisukord

| | |
|---|----|
| Jooniste loetelu | 3 |
| Tabelite loetelu | 4 |
| Sissejuhatus | 5 |
| 1 Eesti kaitsevägi | 6 |
| 1.1 Organisatsioonist..... | 6 |
| 1.2 Vormiriietuse kasutus kaitseväes | 7 |
| 1.3 Varustuse hooldus | 8 |
| 1.4 Varustuse utiliseerimine..... | 9 |
| 1.5 Individuaalvarustus, selle elemendid ja materjalid | 12 |
| 1.5.1 Materjalide omadused..... | 13 |
| 1.6 Kaitseväe-sisene varustuse taaskasutus..... | 14 |
| 2 Tekstiili ümbertöötlemise võimalused | 16 |
| 2.1 Tekstiilijäätmete tüübid..... | 16 |
| 2.2 Tekstiilijäätmete sorteerimine | 17 |
| 2.3 Tarbijajärgsete tekstiilijäätmete taaskasutus ja ümbertöötlemine..... | 17 |
| 2.3.1 Mehaaniline ja keemiline ümbertöötlemine | 18 |
| 2.3.2 Materjalijäätme taaskasutus puhastuslappidena | 23 |
| 2.3.3 Bioetanooli ja biogaasi tootmine | 24 |
| 2.3.4 Kasutamine komposiitmaterjalides..... | 25 |
| 2.3.5 Tekstiilijäätmete põletamine..... | 25 |
| 2.3.6 Tekstiilijäätmete ladestamine | 27 |
| 2.3.7 Tekstiilijäätmete edasimüük | 28 |
| 3 Lahenduste analüüs | 29 |
| 3.1 Mehaaniline ja keemiline ümbertöötlemine..... | 29 |
| 3.2 Materjalijäätmete taaskasutus puhastuslappidena..... | 30 |
| 3.3 Bioetanooli ja biogaasi tootmine..... | 31 |
| 3.4 Kasutamine komposiitmaterjalides | 31 |
| 3.5 Põletamine..... | 31 |
| 3.6 Ladestamine | 32 |
| 3.7 Edasimüük..... | 32 |
| 3.8 Järeldus..... | 33 |
| Kokkuvõte | 34 |
| Kasutatud kirjandus..... | 36 |
| Summary | 39 |
| Lisa 1 | 41 |

Jooniste loetelu

| | |
|---|----|
| Joonis 1. Kaisteväe struktuur [2]..... | 7 |
| Joonis 2. Välivormi pükste siseküljel olev hooldusilt..... | 9 |
| Joonis 3. Välivormi katkine müts..... | 10 |
| Joonis 4. Välivormi katkised püksid | 11 |
| Joonis 5. Välivormi jaki purunenud varrukas | 11 |
| Joonis 6. Kasutatud vormidest tehtud kattevõrk | 14 |
| Joonis 7. Tarbijajärgsete tekstiilijäätmete käitlemisvõimalused | 18 |
| Joonis 8. Kraasimismasina osad | 19 |
| Joonis 9. Ekstruuderi osad..... | 21 |

Tabelite loetelu

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Välvormi elementide loetelu ja põhimaterjali kiuline koostis | 13 |
| Tabel 2. Olmejäätmete koostis Eestis,% [19] | 26 |

Sissejuhatus

Maailmas toodetakse igal aastal suurtes kogustes tekstiili- ja rõivatooteid, sellega seoses tekib ka suurel hulgal tekstiilijäätmeid ning sellest töödeldakse ümber vaid väga väike osa. Keskkonna säästmiseks suureneb aasta-aastalt vajadus erinevate ümbertöötlemise meetodite ning taaskasutuse võimaluste järgi.

Käesolev bakalaureusetöö on fokusseeritud Eesti Kaitseväe kasutatud individuaalvarustuse ümbertöötlemise ja taaskasutuse võimalustele. Eesti Kaitseväel on pikaajaline probleem kasutatud individuaalvarustuse hävitamisega. Individuaalvarustuse alla kuuluvad tavavormid, õhtuvormid, välivormid, talvised välivormid, riide- ja lahinguvarustus jm. Hetkeseisuga toimub varustuse suuremahuline hävitamine ning vähene taaskasutus.

Aastal 2016 kuulutati kasutuskõlbmatuks 63 tonni individuaalvarustust, sealhulgas ka jalatsid. Käesoleval aastal prognoosib Eesti Kaitsevägi sama suurt kogust. Hävitamine toimub riigihanke võitnud teenusepakkujaga ja selle eest tasub Eesti Kaitsevägi. 2016. aastal oli jäätmete hävitamise kulu umbes 18 000 eurot.

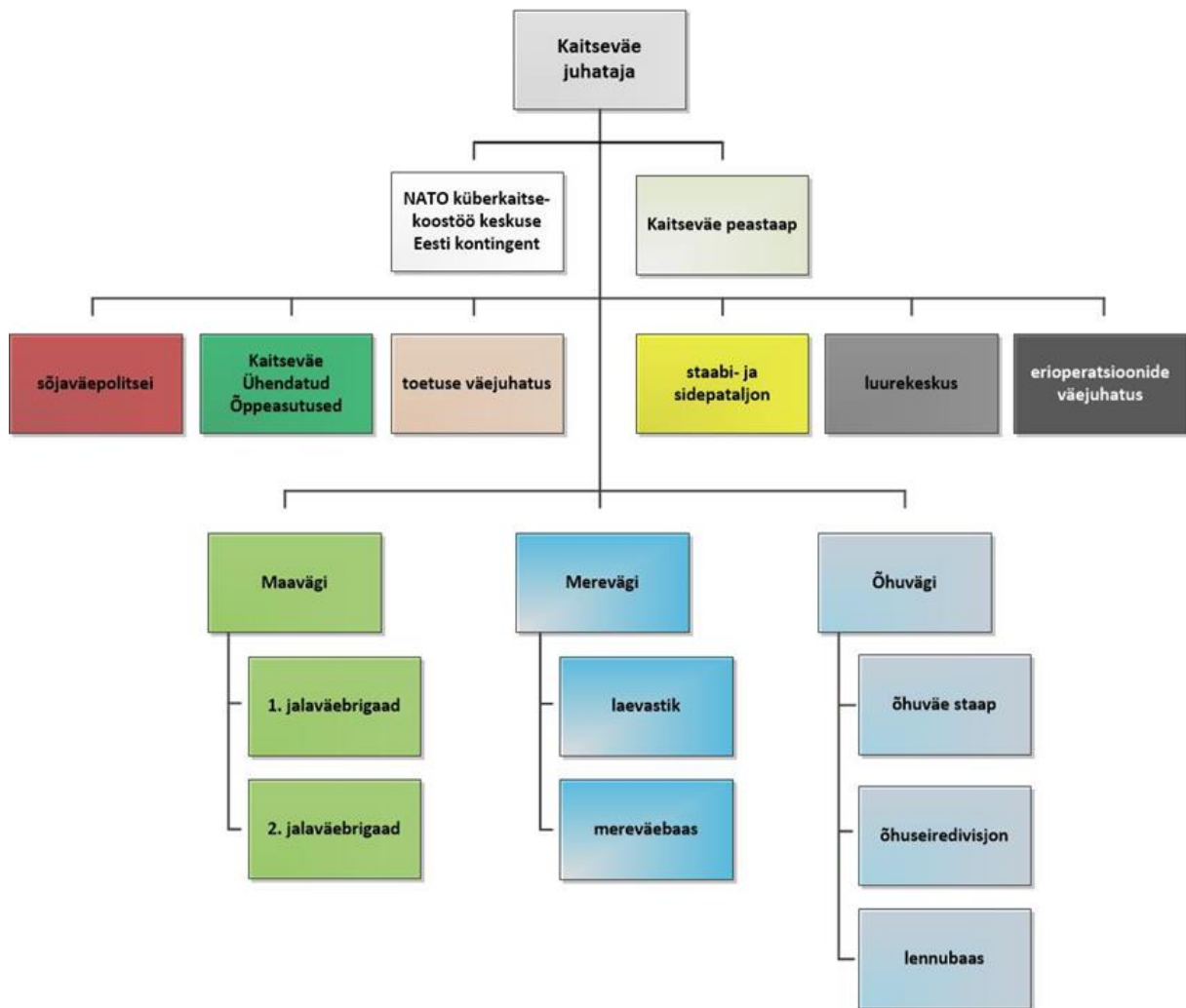
Bakalaureusetöö peamiseks eesmärgiks on kaardistada Eesti Kaitseväes tekkivad tekstiilijäätmed ning samuti pakkuda välja lahendusi tekkinud jäätmete ümbertöötlemiseks ja taaskasutuseks. Antud lõputöö jaguneb kolmeks osaks. Esimene osa annab põhjaliku ülevaate Eesti Kaitseväe struktuurist ja individuaalvarustuse kasutusest. Teises osas kirjeldatakse üldiseid võimalusi tarbijajärgsete tekstiilijäätmete ümbertöötlemisel ja taaskasutamisel. Kolmandas osas on tehtud põhjalik analüüs ja hinnatud eelnevate võimaluste sobivust Eesti Kaitseväe probleemile.

1 Eesti kaitsevägi

1.1 Organisatsioonist

Eesti kaitsevägi on Eesti kaitsejõudude tegevteenistuses olev regulaarvägi ning kaitsejõudude olulisim osa, mis on valitsuse alluvuses olev riigivõimu asutus kaitseministeeriumi valitsemisalas. Nende peamiseks ülesandeks on tagada valmisolek riigi kaitsmiseks sõjalise tegevusega. Kaitseväge peastaap, mis on kaitseväge juhtorgan, planeerib ja teostab operatsioone kõigi väeliikide üksusi kaasates.

Kaitseväge juhib kaitseväge juhataja. Antud isik nimetatakse ametisse valitsuse kaitseministri ettepanekul. Hetkel on selleks Riho Terras. Eesti kaitseväes teenivad tegevteenistuses olevad kaitseväelased ning ametnikud. Tegevteenistuses olevad kaitseväelased jaotatakse töölepinguga seotud kaadrikaitseväelasteks, ajateenijateks ja reservväelasteks. Joonis 1 annab ülevaate järgnevalt kirjeldatud kaitseväge struktuuri kohta [1].



Joonis 1. Kaisteväe struktuur [2]

Kaitsevägi jaguneb kolmeks: Maavägi, Merevägi ja Õhuvägi. Maavägi on kaitseväge suurim väeliik. Maaväel on roll Eesti territooriumi kaitsel ja üksuste ettevalmistamisel välisoperatsioonideks. Koosseisu kuuluvad: 1. jalaväebrigaad ja 2. jalaväebrigaad [3]. Eesti mereväe peamiseks eesmärgiks on kaitsta Eesti territoriaalvett. Põhiülesanneteks on teha miinitõrjet ning arendada miinisõjavõimet. Mereväe koosseisus on: laevastik ja mereväebaas. [4]. Õhuvägi, mille koosseisu kuulub õhuseiredivisjon ja lennubaas, kontrollib riigi õhuruumi ja tagab strateegiliste objektide õhukaitses [5]. Varustuse materjalidega tegeleb kaitseväge toetuse väejuhatatus.

1.2 Vormiriietuse kasutus kaitseväes

Kui kaitsevälane asub kaitseväeteenistusse, siis samal päeval väljastatakse talle vormiriietus ja vormil kantavad riiklikud tunnused. Vormiriietuse väljastab ja peab ka selle üle arvestust

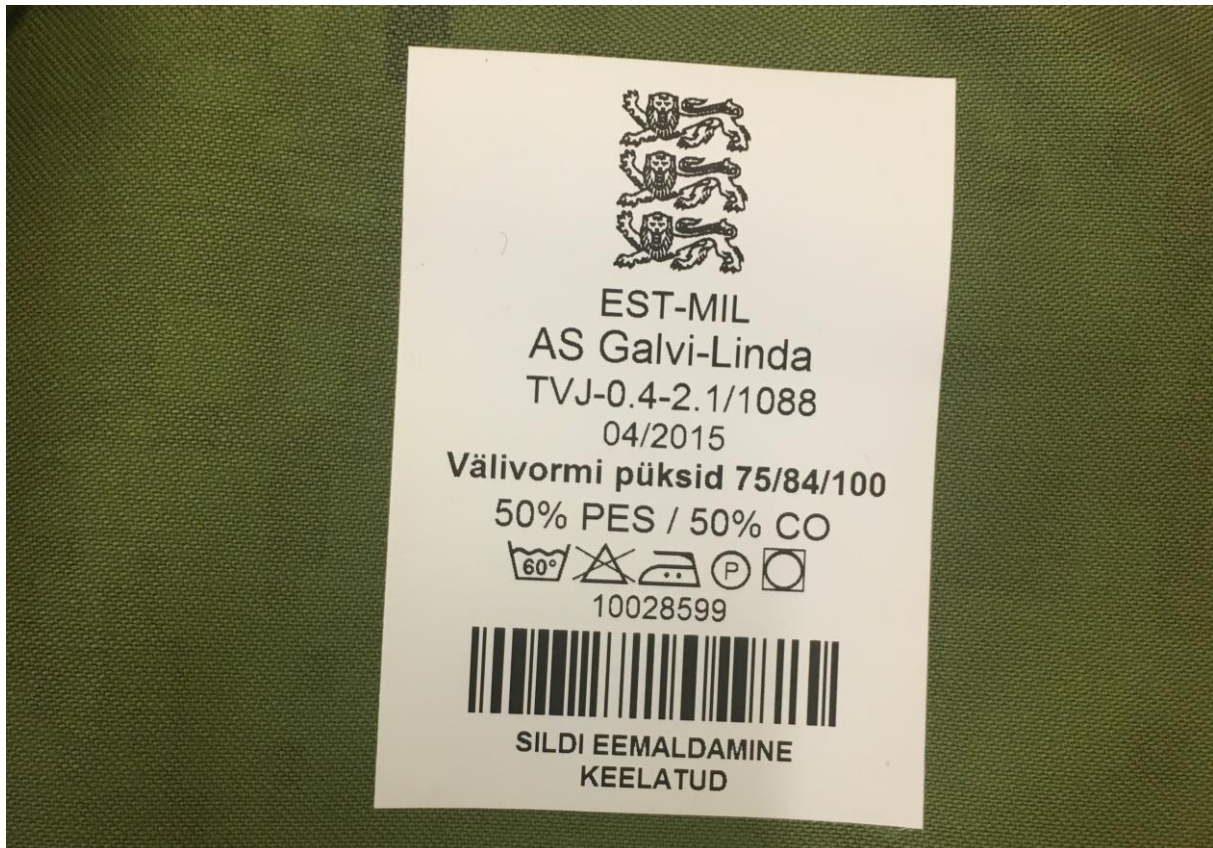
asutus, mille koosseisu kaitseväelane kuulub. Kui muutub kaitseväelase sõjaväeline auaste või ametikohal ettenähtud ülesanded muutuvad, siis on kaitseväelane kohustatud vormiriietuse tagastama, mille kasutamise järgi vajadus uuel ametikohal puudub.

Kaitseväeteenistuse lõppemisel on kaitseväelane kohustatud tagastama talle antud vormiriietuse ja riiklikud tunnused hiljemalt teenistusest vabastamise päeval. Tegevväelased, kes teenistust jätkavad, ei pea vormiriietust tagastama.

Vormiriietuse parandamine, elementide ja riiklike tunnuste uuendamine toimub asutuse kulul. Kasutuskõlbmatuks muutunud või hävinud vormiriietuse asemel väljastatakse uus. Enne tuleb tagastada kasutuskõlbmatuks muutunud vormiriietus. Kui kaitseväelane on ise süüdi enda vormiriietuse hävimises või on selle kaotanud, on ta kohustatud hüvitama selle väärtuse. Kaitseväelase kohustus on vormiriietust kasutada heaperemehelikult ja ta peab tagama selle igapäevase hoolduse. Vormiriietust võib kasutada vaid teenistusülesannete täitmisel. Vormiriietuse müümine on keelatud. Vormiriietus võib kasutusel olla kuni vormiriietuse kasutusaja lõpuni. Kasutusest juba eemaldatud vormiriietused hävitab Kaitseväge [6].

1.3 Varustuse hooldus

Riidevarustuse hooldus on oluline, et tagada selle maksimaalne elutsükli pikkus. Hooldus- ja parandustöid koordineerib Kaitseväge toetuse väejuhatuse. Varustust hooldab hankelepingu alusel pesemisteenust pakkuv ettevõtte. Kõigil toodetel on kinnitatud hooldusjuhised, mida peab pesemisteenust osutav ettevõtte järgima. Joonisel 2 on näidatud välivormi pükste sees olev hooldusjuhised.



Joonis 2. Välivormi pükste siseküljel olev hooldussilt

Parandustöid teostab kaitseväge riide- ja erivarustuse toetusgrupi töökoda või ka hankelepingu alusel lepingupartner. Pisiparandusi on kohustatud nii ajateenijad kui ka tegevvälased ise teostama, selleks on neile väljastatud vormihoolduskomplekt, mis sisaldab niiti, nõelu, kääre ja haaknõelu. Kaitseväge juhataja käskkirjas on sätestatud, et varustust peab kasutama sihtotstarbeliselt tööülesannete täitmiseks ja varustuse purunemisel tuleb see esimesel võimalusel lattu tagastada, et selle saaks koheselt parandusse saata.

Enne varustuse soetamist koostatakse toote tehniline kirjeldus, kus on kirjas, et toote põhi- kui ka abimaterjalid oleksid vastupidavad ja toote konstruktsioon ning valmistamise tehnoloogia peab tagama toote võimalikult hea vastupidavuse. Põhimaterjali puhul on oluline kanga hõõrdekindlus. Toote konstruktsioon peab võimaldama kandjal sooritada talle etteantud ülesandeid ja harjutusi, et toode ei puruneks.

1.4 Varustuse utiliseerimine

Varustuse utiliseerimiseks esitatakse riigihange ja selle eest tasub Kaitseväge. Hanke objekti nimetuseks on IKT (info ja kommunikatsioonitehnoloogia) materjalide ja andmekandjate ning

varustuse äraveo, sorteerimise, kõrvaldamise, utiliseerimise ja purustamise teenus. Hetkel on kaitseväel sõlmitud leping RAGN-SELLS AS-ga, kes teadaolevalt viib kasutatud individuaalvarustuse ja selle osad põletamisele. 2016. aastal läks mahakandmisele 63 tonni individuaalvarustust ja sellise koguse hävitamiseks tasus Kaitsevägi 18 000 eurot. Tänavusel aastal prognoositakse mahakandmisele minevat individuaalvarustust samasse suurusjärku, mille hävitamiseks peab Kaitsevägi samuti suure summa tasuma. Kõige rohkem läheb mahakandmisele välivormi, sest seda kantakse kõige rohkem ja selle peab teenistusest lahkumisel kindlasti tagastama. Joonistel 3,4 ja 5 on näha kulunud ja rebenenud välivormi elemente. Joonisel 3 on näha, et mütsi nõrgaks kohaks on just noka osa, kuhu riidekihid on kinnitatud. Joonisel 4 olevad välivormi püksid on rebenenud just jalge vahelt ning joonisel 5 on jaki purunenud varrukas.



Joonis 3. Välivormi katkine müts



Joonis 4. Välivormi katkised püksid



Joonis 5. Välivormi jaki purunenud varrukas

Vormide mahakandmiseks on mitu võimalust. Esiteks, kui vorm on katki rebenenud ja seda ei anna enam parandada. Teisel juhul siis, kui vormi värv on niivõrd kulunud, et see ei vasta enam kasutusnõuetele. Kolmandal juhul on vorm nii läbi kantud, et see on mitmest kohast purunenud.

1.5 Individuaalvarustus, selle elemendid ja materjalid

Kaitseväe varustus väljastatakse vastavalt kaitseväelase kvalifikatsioonile. Kaitseväelased on jaotatud maaväe, mereväe ja õhuväe üksustesse. Sinna kuuluvad ajateenijad (va. õhuväe üksuses), teenistust alustavad tegevväelased ja teenistust jätkavad tegevväelased. Lisaks eelnevatele on kaitseväes orkestrandid, meditsiiniteenistujad ja reservväelased. Varustuse osad väljastatakse ka rahvusvahelisi sõjalisi operatsioone täitvatele kaitseväelastele. Eraldi on välja toodud ka parasvõtmes rahvusvahelisi operatsioone täitvad kaitseväelased.

Ajateenijatele maa- ja mereväes väljastatakse tavavormi, välivormi, riide- ja lahinguvarustuse ning spordivarustuse osi. Lisaks ka eraldusmärgid. Mereväe ajateenija saab ka laeva teenistusvormi elemente ning madruse vormielemente. Teenistust alustavatele ja teenistust jätkavatele tegevväelastele mereväes, maaväes ja õhuväes väljastatakse eraldusmärgid, tavavormi, õhtuvormi, välivormi, riide- ja lahinguvarustuse ning spordiriietuse osasid. Mereväelastele väljastatakse samuti madruse vormielemente ja laeva teenistusvormi elemente. Õhuväelastele õhusõiduki meeskonna vormi osasid. Orkestrantidele väljastatakse vaid mõned tavavormi osad ja eraldusmärgid. Meditsiiniteenistujad saavad meditsiinipersonali erialariietuse ja eraldusmärkidest meediku erialatunnuse. Rahvusvahelises sõjalises operatsioonis osalevale sõdurile väljastatakse välivormi, riide- ja lahinguvarustuse ning spordivarustuse osi. Lisaks väljastatakse ka teatud eraldusmärgid.

Tabel 1 kirjeldab välivormide elementide materjalide kiuliseid koostiseid. Vastavalt Tabel 1 kirjeldatule on välivormi põhilised materjalid CO-puuvill, PA-polüamiid, PES-polüester ja PP-polüpropüleen. On teada, et mahakandmisele läheb kõige enam välivormi elemente, siis antud peatükis on ülevaade just nende materjalide omadustest.

Tabel 1. Välivormi elementide loetelu ja põhimaterjali kiuline koostis

| Välivormi nimetus | Põhimaterjali kiuline koostis |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Välivormi jakk (roheline) | 50%CO, 50%PES |
| Välivormi püksid (roheline) | 50%CO, 50%PES |
| Välivormi müts (roheline) | 50%CO, 50%PES |
| Skaudimüts (roheline) | 50%CO, 50%PES |
| Skaudimüts (kõrbe) | 88%CO, 12%PA |
| Välivormi jakk (kõrbe) | 88%CO, 12%PA |
| Välivormi püksid (kõrbe) | 88%CO, 12%PA |
| Talvise välivormi jope (roheline) | 70%PES, 30%CO |
| Talvise välivormi püksid (roheline) | 70%PES, 30%CO |
| Talvise välivormi müts (roheline) | 70%PES, 30%CO |
| Talvise välivormi jope (kõrbe)* | CO/PES |
| Talvise välivormi püksid (kõrbe)* | CO/PES |
| Välivormi püksirihm | 100 % PP |

1.5.1 Materjalide omadused

Puuvilla näol on tegemist loodusliku kiuga, mis on biolagunev. Puuvillas ei ole isoleerivaid õhukihte, mistõttu puuvill on halva soojapidavusega. Soojapidavust saab suurendada sobiva lõnga valimisega ja riidekarusega. Puuvillase toote õhuläbilaskvus oleneb toote struktuurist ja viimistlemistest. Materjalina on puuvill suhteliselt hea õhuläbilaskvusega. Puuvilla hea omadus on see, et puuvill ei lase niiskust läbi ja sellel on hea niiskuse kinnipidamisvõime. See sobiks kasutamiseks näiteks nahalähedastes kihtides, sest hoiab niiskusimamisvõime tõttu naha kuivana. Puuvill ei elektriseeru. Puuvilla kasutatakse segatuna teiste kiududega, nagu näiteks sünteeskiududega nagu kaitseväge välivormi elementide puhul. Tavalisemad ongi puuvillasegud polüestri ja polüamiidiga. Selliselt ühendatakse puuvilla meeldivus ja sünteeskiudude kortsumis- ja kokkuminekindlus ja kergus. Puuvilla ja polüestri segu kasutatakse kõige sagedamini tööriivastes, üleriivastes ja mantliriivetes. Segumaterjali vahekorrad on tavaliselt 25/75, 35/65 või 50/50. T-särkide ja muude samalaadsete toodete puhul kasutatakse segu vahekorda 50/50.

Polüamiid, polüester ja polüpropüleen on kõik sünteeskiud ning enamasti looduses ei lagune, kuid on olemas ka erandeid. Polüamiidkiud on väga hea tiheda ehituse ja sileda pinnaga.

Polüamiidide soojapidavus on üldiselt üsna väike, kuid seda parendatakse kiule või lõngale liikumatu õhu lisamisega, samuti võidakse vähendada ka kiujämedust. Polüamiid on väga väikese niiskuseimamisvõimega ja seetõttu on need ka kergesti elektriseeruvad, kuna sisaldavad vähe niiskust. Polüamiidkiud ei ole vastupidav päikesevalgusele, nende tugevus väheneb ja kiud kolletub.

Polüestri soojapidavus oleneb üksnes sellega seotud õhu kogusest. Seetõttu on parimad soojapidavusomadused peenikestel ja õõnsatel kiududel ning tekstureeritud kiududel. Polüestri puuduseks on madalast niiskusesisaldusest tingitud elektriseeruvus. Polüester talub aga suurepäraselt päikesevalgust [7].

1.6 Kaitseväge-sisene varustuse taaskasutus

Kaitseväge siseselt tegeletakse mõne varustuse osa taaskasutusega. Nimelt kasutatud välivorme – laigulisi ja digimustreid – kasutatakse luureautode ja soomusmasinate maskeerimisvõrgu täiendamisel. Need rebitakse peenemateks ribadeks, et oleks hea võrku punuda. Joonis 6 annab hea ülevaate milline näeb välja kasutatud varustusest tehtud soomusmasina maskeerimisvõrk.



Joonis 6. Kasutatud vormidest tehtud kattedvõrk

Kasutatud varustuse osade arvelt täiendatakse ka snaiprülikonda. Vanu tekke ja patju kasutatakse mannekeenide ja topiste täidistena, mille peal harjutatakse tule kustutamist. Meditsiiniteenistus kasutab meditsiiniväljaõppes nõ. kannatanutel samuti maha kantud välivorme, mida saab kannatanu abistamiseks lahti lõigata, et vigastuskohale ligi pääseda ning vajadusel ka vigastatud koha imiteerimiseks katta see värvi või muu vajaliku ainega.

2 Tekstiili ümbertöötlemise võimalused

Tekstiilmaterjalide ümbertöötlemine on protsess, mille käigus vanad rõivad ja muud tekstiilitooted ja tekstiilmaterjalid korduvkasutatakse või töödeldakse ümber. See on ümbertöötlemise tööstuse aluseid. Ümbertöötlemisel on vaja arvestada paljude erinevate etappidega. Tekstiili ümbertöötlemisel on väga oluline, kust see tekstiil saadakse ja kuidas see sorteeritakse ning töödeldakse.

Areneva tekstiilmaterjalide ümbertöötlemise tööstusele on aluseks tekstiili- ja rõivatööstus ise. Tekstiilitööstus on arenenud globaalselt 1 triljoni dollari tööstuseni, mille alla kuuluvad rõivad, mööbel, madratsid, voodipesu, kardinaid ja palju muud. Tekstiilmaterjalide ümbertöötlemise tööstuse kasv on palju aktuaalsem võrreldes näiteks metalli ümbertöötlemisega, millel on palju pikem ajalugu [8].

2.1 Tekstiilijäätmete tüübid

Tekstiilijäätmed saab jagada kolme gruppi – tarbimisjärgsed jäätmed, tekstiilmaterjalide tootmise käigus tekkivad jäätmed ja tootmisjärgsed jäätmed.

Tarbimisjärgsed jäätmed

Tarbimisjärgsed jäätmed tulevad otse tarbijalt. Need jäätmed on antud juhul valmis uueks eluks või prügilasse saatmiseks. Neid taastatakse tarbija tarneahelaga.

Tekstiilmaterjalide tootmise käigus tekkivad jäätmed

Tarbimiseelsed jäätmed tulevad otse algselt tootjalt. Sinna alla kuuluvad kraasimise jäätmed (eelkõige lühikesed kiud), kiu pallide avamisel tekkivad jäätmed, puuvillakiudude džinnimisel tekkivad jäätmed, kiudude ketramisel tekkivad jäätmed, trikotaažkanga kudumisel tekkivad jäätmed ja tekstiilmaterjalide erinevate töötlusetappide käigus tekkivad jäätmed.

Tekstiilitoodete ja rõivaste tootmise järgselt tekkivad jäätmed

Tootmisjäätmed tekivad tootmise käigus. Ühe rõivaeseme tootmisel lõigatakse, visatakse või raisatakse keskmiselt 15% kangast. Need on tavaliselt juurdelõikuses tekkivad jäätmed [9].

2.2 Tekstiiljäätmete sorteerimine

Tekstiiljäätmete sorteerimiseks on olemas erinevaid tehnoloogiaid. Hetkel on selleks neli peamist võimalust.

Manuaalne sorteerimine on kõige levinum meetod. Seda tehnoloogiat kasutades on tekstiili võimalik eristada nende parameetritega, mida inimesed saavad näha ja katsuda, seega on see küllaltki limiteeritud.

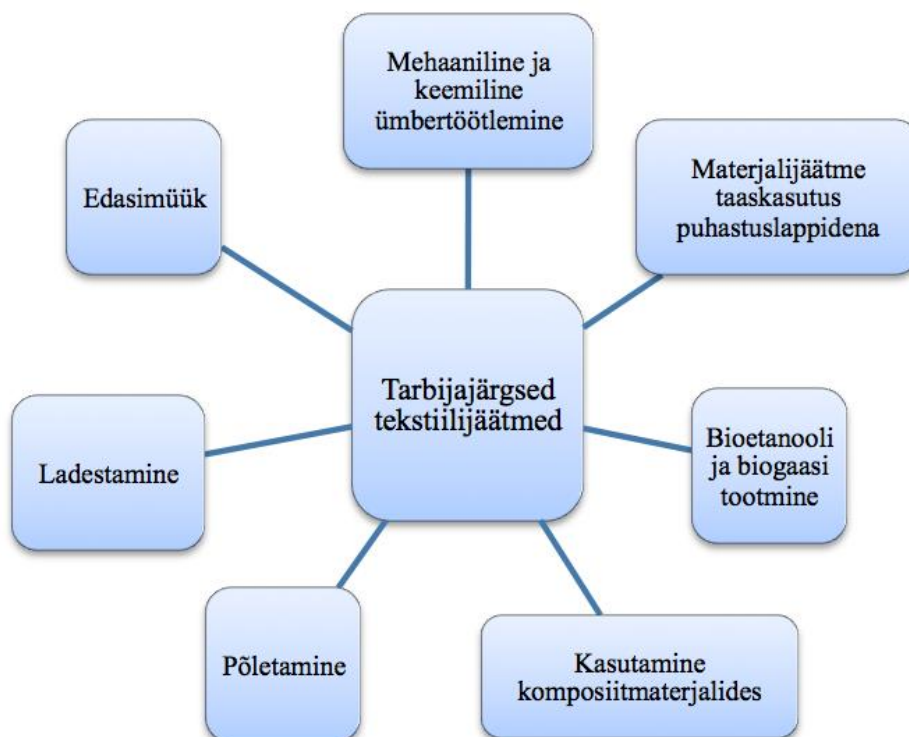
Sorteerimisel võidakse abivahendina kasutada ka **Fourier infrapunaspektroskoopiat (FTIR)**. FTIR-i abil on võimalik tuvastada tekstiilitoodete kiulist koostist. Siiski ei ole see veel nii arenenud kui on mõni väga heade oskustega inimene.

Lisaks sellele on olemas selline võimalus nagu **RDIF (raadiosageduse identifitseerimine) silt**, mis oma põhimõttelt väljendub nagu juhtmeta mä lupulk, mis kannab enda sees andmeid ja mida saab kauglugeda. Silt pannakse külge tootja poolt ja püsib koos sellega terve oma eluea. Silt sisaldab endas täpset informatsiooni tekstiili koostise osas.

Kasutusel on ka **triipkoodid**, mis annavad informatsiooni tekstiili kohta, juhendamaks sorteerimisprotsesse. Selle meetodi puhul loeb kaamera sildil oleva must-valge mustri, mille arvuti lahti kodeerib [10].

2.3 Tarbijajärgsete tekstiiljäätmete taaskasutus ja ümbertöötlemine

Taaskasutuseks on palju erinevaid meetodeid. Kasutatud tooteid saab lahti võtta ja seejärel uuesti kokku panna täiesti teistsuguseks uueks tooteks. Ajaloost on teada, et kui riideese ei olnud enam kasutuskõlblik või oli väljakantud ja moest väljas, siis õmmeldi see ümber kellelegi teisele või tehti sellest moodsam rõivastus. Puuvilla ümbertöötlemine on sadu aastaid vana. Kui kehakatted olid kulunud, koguti need kokku ja tükeldati need üksikuteks kiududeks, seejärel tehti neist tekke. Tänapäeval annetakse oma aja ära elanud rõivad heategevusele või visatakse hoopiski prügikasti. Samuti kasutatakse majapidamises kulunud rõivaid ära kaltsude või täitematerjalina. Joonisel 7 on välja toodud erinevad võimalused tarbijajärgse tekstiiljäätmega taaskasutamisest ja ümbertöötlemisest [9].



Joonis 7. Tarbijajärgsete tekstiilijäätmete käitlemisvõimalused

Alustuseks tuleb läbitöötlemata tekstiilist eemaldada raskemad tooted nagu mantlid ja tekid. Seejärel tuleb eraldada näiteks püksid pluusidest ja pluusid kleitidest. Protsessi jätkudes sorteerimine muutub üha detailsemaks. Näiteks kui muust massist on eraldatud kõik püksid, sorteeritakse neid edasi baseerudes meeste või naiste pükstele ja kanga kvaliteedile. Mõned bränditooted nagu näiteks Levis, Hilfhiger, Harley Davidson jmt. sorteeritakse veel eraldi, kuna need on eriti eksklusiivsed rõivad. Need on tavalistest rõivastest kallimad ja seetõttu jõuavad nad ringlusega ka spetsiaalsetele turgudele [11].

2.3.1 Mehaaniline ja keemiline ümbertöötlemine

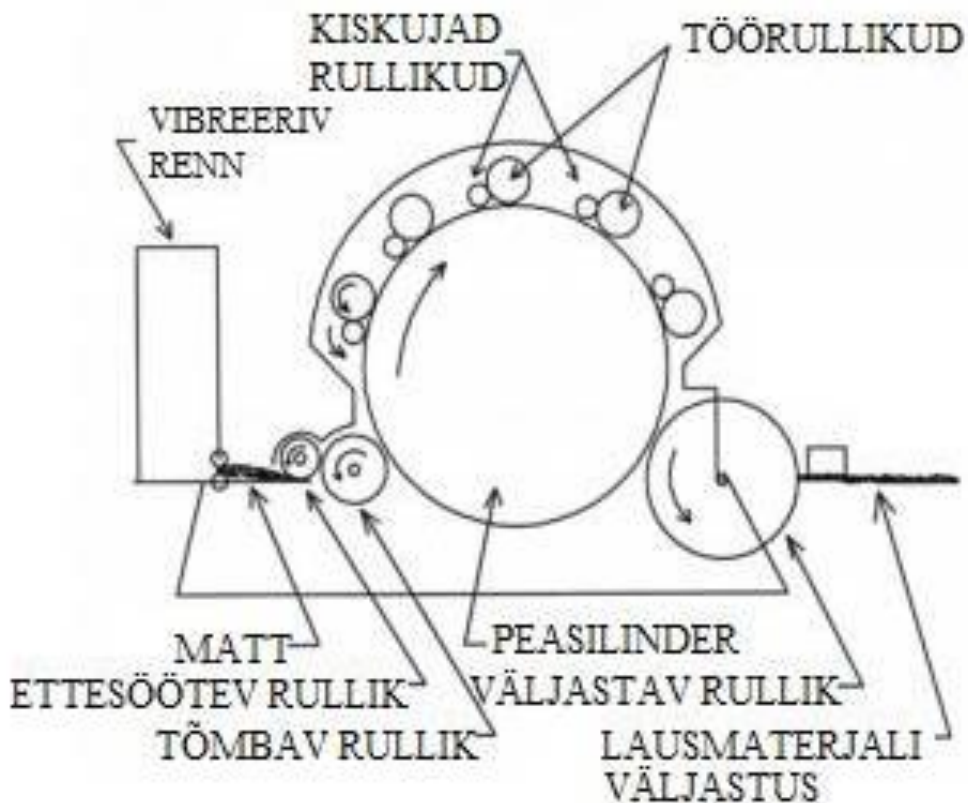
Mehaaniline ümbertöötlemine

Mehaanilise ümbertöötlemise käigus tooted tükeldatakse ning saadud uut toorainet (lõngad ja kiud) on võimalik kasutada uutes toodetes [9]. Kasutatud tekstiilmaterjalid ja rõivad lõigatakse lahti ning tehakse väiksemateks tükkideks. Samuti eemaldatakse etiketid. Uue kiu saamiseks läbivad need tükid pöörleva trumli. Seda protsessi nimetatakse kraasimiseks.

Kraasimise põhiline eesmärk on eraldada väikesed tekstiilitükid üksikuteks kiududeks ning seejärel kiududest lausamaterjal luua. Kraasimise põhimõtteks on mehaaniline tegevus, kus kiud on hoitud ühel pinnal ja samal ajal teine pind kammib kiude, põhjustades üksikute

Kiudude eraldamise. Masina keskel on suur pöörlev metallist silinder, mis on kaetud teralise riidega. Silindri kate koosneb tihedast kangast või õhukesest metallist, mille küljes on nõelad, traadid või peenikesed metallist hambad.

Kiudude mass veetakse renni, mis vibreerib. See kisutakse esialgu väikesteks osadeks järgmise rulli poolt, mis sööb kiud edasi silindrisse. Silindri kahe vastastikuse pinna nõelad ja rullikud pöörlevad vastupidises suunas ja liiguvad erineva kiirusega. Põhi-silinder liigub kiiremini, kui teised ja tänu kiiruse erinevusele ning vastupidisele liikumissuunale, kiutupsud tõmmatakse ja rebitakse tükkideks. Rebimine leiab aset silindri kaare all põhisilindri ja töörolliku vahel. Kiskuja rullik rebib suuremaid tupsusid ja juhivad need tagasi silindrile. Kiud on joondatud masina suunas ja need moodustavad ühtlase kangakoe silindri nõelte pinnale. Joonis 8 kirjeldab piltlikult kraasimismasina osad [12].



Joonis 8. Kraasimismasina osad

Saadud kiu omadused nagu pikkus, peenus, tugevus ja värvus määravad selle kvaliteedi ja mis sellest edasi valmib. Lõpptarbija jäätmetest saadud kiud on madalama kvaliteediga. Need kiud on kasutusel tugevdusena teistes struktuurides nagu lausmaterjalides, vaipade aluskihtides,

jalanõude sisekihtides, soojusisolatsiooniks, mänguasjade täidistena ja paljudes muudes kohtades [9].

Toom Tekstiil AS – ümbertöödeldud vateermaterjal

Toom Tekstiilil on alates 2013. aastast tegelenud tööstusliku tekstiilijäätmete ümbertöötlemise ja mittekootud termoliimitud ja nõeltöödeldud materjalide tootmisega. Nende põhiliseks eesmärgiks on korjata tööstuslikke tekstiilijäätmeid ja teha nendest mittekootud termoliimitud materjalid. Mittekootud materjale müüakse pehmemööblitööstusele, madratsitootjatele, kasutatakse isoleerimiseks jne.

Toom Tekstiil toodab umbes 4000 tonni materjali aastas. Saadud produkt võib kaaluda 60 g/m² kuni 5000 g/m² ja maksimaalne lõigatud laius on 3,2 meetrit. Esimesel perioodil töödeldakse ümber 1500 tonni tööstuslikku tekstiili aastas. Vateermaterjali saab toota 100% toormaterjalist ja samuti saab sinna lisada kuni 80% tekstiilijäätmeid. Sama tootmisliiniga on võimalik toota ka “võileiva tüüpi” termoliimitud materjali, selle all mõeldakse materjali, millel on kaks kihti. Üks kiht tehakse 100% toormaterjalist ja teine kiht kuni 80% tekstiilijäätmetest [13].

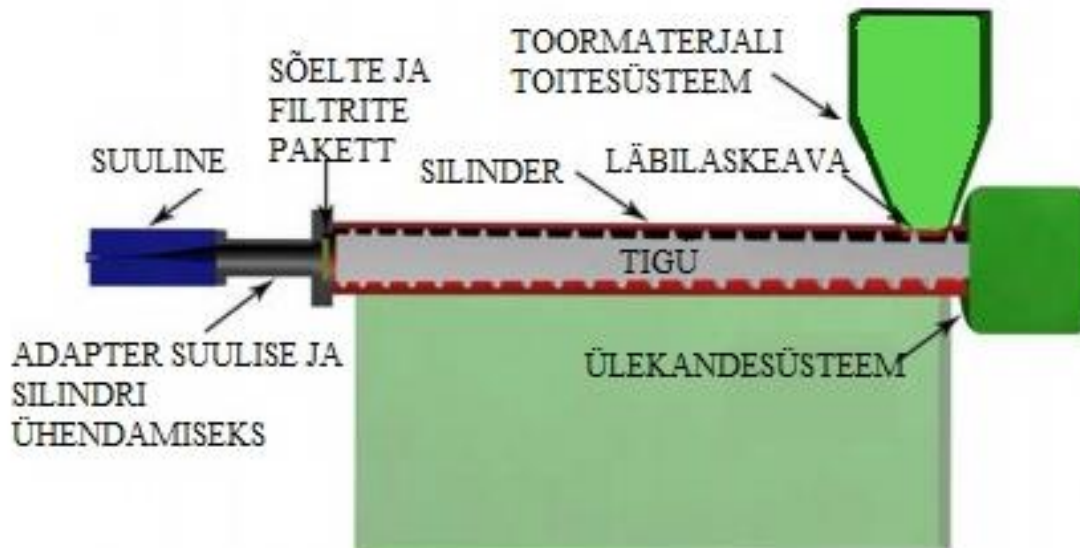
Plastijäätmete mehhaaniline ümbertöötlemine

Plastijäätme mehaanilisel ümbertöötlemisel on kaks võimalust, kas jäätmed sulatatakse kohe ja antakse neile uus vorm või plastijäätmed tükeldatakse väikesteks ebemeteks, mis sulatatakse ja seejärel pressitakse teatud vormi, mida saab kasutada uutes toodetes.

Ekstrusioonil on termoplastne materjal väikeste helveste kujul, mis lastakse mööda toitesüsteemi alla ekstruuderi anumasse. Sinna minev polümeerimaterjal on helveste kujul. Sageli segatakse renni jõudvate helveste sisse vedelal kujul või kuulikestena värvained ja UV inhibiitoreid. Materjal liigub mööda läbilaskeava masina tiguvõllini. Tiguvõll, mis pöörleb kiirusega kuni 120 pöoret minutis, surub plastihelbed silindrisse, mida kuumutatakse valitud plasti sulamistemperatuurini, mis ulatub 200 °C kuni 275 °C. Enamustes protsessides kuumutatakse silindrit, millel on kolm eraldi kuumutamistsooni, järk-järgult tagant ettepoole. Selline meetod laseb plastidel sulada pikkamisi, samal ajal kui neid pressitakse läbi silindri, vältimaks ülekuumenemist, mis võib põhjustada polümeeri degradeerumist.

Sulanud plastimass liigub mööda silindrit läbi vaheseina, mis eraldab saasteained sulamist. Seda nimetatakse ka sõelte ja filtrite paketiks. Vaheseinad on tugevdatud metallplaadiga,

millesse on puuritud augud, kuna rõhk selles piirkonnas võib ületada 34 MPa. Vaheseina eesmärk on tekitada ka torusse vastusurvet. Vastusurve on vajalik ühtlaseks sulamiseks ja korrektseks polümeeri segamiseks. Pärast vaheseina läbimist liigub sulanud plastijääde suulisesse. Suuline on see, mis annab väljuvale materjalile vormi. Joonisel 9 on välja toodud ekstruuderi skeem ja nimetatud selle osad.



Joonis 9. Ekstruuderi osad

Uue polüestri ja ümbertöödeldud polüestri kiududes on ainult väike märgatav vahe. See on kõige levinum meetod polümeerimaterjalide ümbertöötlemisest ja mitte alati ei ole ümbertöödeldud termoplastsete kiudude omadused samad originaalkiududega.

Keemiline ümbertöötlemine

Teiseks ümbertöötlemise võimaluseks on **keemiline ümbertöötlemine** ja seda kasutatakse tekstiilitööstusest kogutud jäätmete töötlemiseks. Keemiliselt saab ümber töödelda ka sünteetilisi kiudusid nagu polüestrid, polüamiide ja polüolefiine. See kuulub ümbertöötlemise tertsiaalsesse klassi, mis nõuab sünteetilise kiu keemilist lagundamist monomeeriks ja saadud toorme uuesti polümeriseerimist, seda nimetatakse repolümeerisatsiooniks ja sellist protsessi kasutatakse PET (polüetüleenterftalaat) plastikpudelite ümbertöötlemiseks. Ükskõik, kas kogutud materjalid on kasutatud polüesterrõivad, tööstuse praak, niidiülejääk või muu plastik, ümbertöötlemisel purustatakse need väiksemateks tükkideks, millest toodetakse helbed. Need lagundatakse, et moodustada

dimetüültereftalaat, mis repolümeeriseerub ja see kedratakse uueks polüesterkiuks, niidiks või lõngaks.

Erinevate kiudude segumaterjale on raske ümber töödelda nende kiudude erinevate füüsikaliste ja keemiliste omaduste tõttu. Puuvilla ja polüestri segu kasutatakse kõige sagedamini rõivamaterjalides ja kodutekstiilis. Keemiline ümbertöötlemine toimib hästi segumaterjalide puhul selektiivse lagunemise meetodiga. Puuvilla-polüestri segust saab kiud keemiliselt eraldada ja seejärel vormida nendest uued kiud. Hetkel arendatakse näiteks sellist protsessi, kus kasutatakse n-metüülmorfoliin-N-Oksiidi. See aine lagundab tselluloosi. Lahustunud tselluloos ja polüester eraldatakse filtreerimisega ja saadud polüester kedratakse uueks kiuks, niidiks või lõngaks. Lahustunud tselluloosi saab kasutada tehistsellulooskiu tootmiseks nagu näiteks lüotsell.

Nailoni ja elastaani segu on kasutusel kõrgema kvaliteediga spordirõivastes. Nailonit on materjalis palju rohkem kui elastaani ning nailonit on võimalik ümber töödelda ja taaskasutada. Elastaani on võimalik materjalisegust eemaldada lahustades seda N,N-dimetüülformamiidi lahuses. Miinuseks selle lahuse kasutamise juures on kõrge hind ja lahuse mürgisus. Alternatiiviks on edukalt välja töötatud selline meetod, kus kõigepealt kuumutatakse materjalisegu, et lõhkuda elastaankiudu ja seejärel pestakse kangast etanooliga. Selle tagajärel eemaldub elastaani jääk täielikult ja järele jääb vaid nailon.

Tänapäeval töödeldakse ühekiulisi kangaid ümber mehaaniliselt. Keemilise ümbertöötlemise käigus kulub rohkem energiat ja see nõuab palju investeerimist, seega on see otstarbekas vaid suure koguse ümber töötlemiseks. Kui tehnoloogia täiustub, siis kasvab ka nõudlus ümbertöötlemise järgi ja kui algse toormaterjali hind tõuseb, hakatakse keemilist ümbertöötlemist eelistama mehaanilisele ümbertöötlemisele [9].

Polüestri keemiline ümbertöötlemine

Polüestri ümbertöötlemine on olnud kõige edukam ja levinum näide polümeeride ümbertöötlemistest. Ümbertöödeldud polüestrit kasutatakse tavaliselt kiudude, kilede, vahtude või pudelite kujul. Polüestri keemilise ümbertöötlemise protsessid jagatakse järgnevalt: glükolüüs, metanolüüs, hüdrolyüs ja muud.

Glükolüüsi kasutatakse laialdaselt kaubanduslikul eesmärgil. Polüesterijätmed muudetakse bishüdroksüültereftalaadiks (BHET) ja selle oligomeerideks. Polüestri depolümeerisatsiooni

ulatus oleneb etüleenglükooli ülejäägist glükolüüsis. Glükolüüsi protsess saab toimida temperatuuridel 180 °C – 250 °C 0,5-8 tundi.

Metanolüüs on polüestri degradeerumine tänu metanoolile kõrgetel temperatuuridel ja rõhkudel, andes kahte peamist produkti: dimetüültereftalaati (DMT) ja EG (nHOCH₃CH₂OH). Polüestri metanolüüs toimub tavaliselt temperatuurivahemikus 180 °C – 280 °C ja rõhul 2-4 MPa.

Polüestri helveste hüdrolyüs saab toimuda happelises, leeliselises ja neutraalses keskkonnas. Happelises hüdrolyüsis kasutatakse kontsentreeritud happeid nagu väävel-, lämmastik- või fosforhapet ja suhteliselt madalat rõhku. Teise võimalusena kasutatakse kõrgel rõhul lahjendatud happeid. Happeline hüdrolyüs on tavaliselt pika reaktsioonijaga. Leeliseline hüdrolyüs viiakse läbi 2-20 massiprotsendilises leelismetalli lahuses, kasutades naatrium- ja kaaliumhüdroksiidi. Reaktsiooniaeg varieerub vastavalt lahuse kontsentratsioonile ja rõhule ning võib kesta 2-7 tundi. Lisades metanooli saab reaktsiooniaega vähendada kuni 40 minutit. Reaktsiooniproduktideks võib olla EG ja di-naatrium terftalaadisool. Neutraalne hüdrolyüs saab toimuda kuuma vee või auru abil [12].

2.3.2 Materjalijäätme taaskasutus puhastuslappidena

Riideid, mis on oma kasutusea ära elanud, saab teha tööstuslikeks puhastuslappideks ja rätikuteks. Need on tehtud mitmesugustest riitusesemetest, aga peamisteks ressurssideks selles kategoorias on puuvillased T-särgid, sest puuvillane kangas on hea imavusega ja sellega on hea pindu poleerida [11]. Taaskasutatud materjalijäätme kasutamine on heaks alternatiiviks uue ostmisele.

Erinevad tööstused (õlitööstus) on samuti juba pikemat aega kasutanud taaskasutatud lappe/rätikuid. Ei ole vajadust kasutada väärtuslikku puuvilla, vett või teisi ressursse, et toota lappe, mis võiksid olla tehtud taaskasutatud asjadest. Siinkohal faktiks: uue rätiku tootmiseks kulub umbes 65 liitrit vett [14].

Ümbertöötlemise protsess ise koosneb tekstiili kogumisest, sorteerimisest ja ümbertöötlemisest. Kui on kogutud suur hulk tekstiili, mis ootab ümbertöötlemist, tehakse veel üks sorteerimine. Tuleb sorteerida erinevad materjalid. Erinevused on värvuses, pehmuses, imavuses jne. Viimaks lõigatakse kogu toormaterjal väikesteks tükkideks ja ebavajalikud osad nagu lukud, trukid ja taskud eemaldatakse. Tulemuseks on tavaline väike

kangatükk, mis on sorteeritud kvaliteedi ja värvuse järgi. Edasi lähevad need pakkimisse ja seejärel saadetakse need oma sihtkohta [15].

2.3.3 Bioetanooli ja biogaasi tootmine

Tekstiilijäätmed, mille materjaliks on puuvill või viskoos, sisaldavad 40% tselluloosilist osa ja seda tselluloosi saab kasutada alternatiivina biomassi tootmiseks. Etanool on üks produktidest, mida saab toota ensümaatilise hüdrolyüsi teel (käärimisega), puuvillal põhinevatest tekstiilijäätmetest. Biogaasi ja metaani tootmine tselluloosist on samuti tuntud ja puuvillast tekstiilijäätmed on heaks alternatiivseks toormaterjaliks selles protsessis.

Protsessist

Selle protsessi põhikonseptsiooniks on puuvilla ja viskoosi lahustamine NMMO ehk N-metüülmorfoliin-N-oksiid lahuses, kui tegemist on segumaterjalidest koosnevate tekstiilijäätmetega. Tavaliseks segumaterjaliks on näiteks polüester ja puuvill. Lisaks sellele NMMO töötleb tselluloosi enne kasutamist nii, et see lihtsustab järgnevat ensümaatilist või bakteriaalset hüdrolyüsi etanooli või biogaasi tootmiseks.

Esimeseks sammuks selles protsessis on segukiududest koosneva materjali segamine kontseentreeritud NMMO-ga(85%) 120 °C juures. NMMO lahustab tselluloosikiud, katkestades tselluloosi ahelate vesiniksidemed. Kahe tunni jooksul, mitte- tselluloossed kiud ja muud ebavajalikud lisandid nagu nõõbid ja lukud, säilitavad enda tahke oleku, samal ajal, kui tselluloos on lahustunud vedelasse olekusse. Järgmise sammuna filtreeritakse sealt lahusest välja mittetselluloossed kiud ja muud lisandid. Need saadetakse edasisele ümbertöötlusele.

NMMO/tselluloosi/vee lahus, mis on saadud filtreerimisel, segatakse seejärel täiendava koguse veega, et sadestada lahustatud tselluloos. Tselluloosi lahustuvus NMMO lahuses on sõltuv veesisaldusest selles lahuses. Veesisaldus peab lahuses olema vähemalt 23%, et sadestada lahustunud tselluloos. Saadud suspensioon filtreeritakse, et eraldada puhas tselluloos NMMO ja vee lahusest. Eraldatud tselluloos on vaja veega pesta, et puhastada see täielikult NMMO'st. Seejärel saab sellest toota ensümaatilise hüdrolyüsiga etanooli või anaeroobseid baktereid kasutades biogaasi.

Etanooli saamiseks regenereeritud tselluloos allutatatakse 48 tunniks ensüümihüdrolyüsi. Seejärel lahus filtreeritakse ja hoitakse enne kääritamist külmas. Pärast seda toimubki kääritamine ja seejärel tekib etanool. Biogaasi tootmiseks kasutatakse kääritustankides termofiilseid baktereid 55 °C juures [16].

2.3.4 Kasutamine komposiitmaterjalides

M.Rajkumar, R.Saravanan, T.Roopanpandi ja T.Surya on teinud eksperimendi, kus tekstiilijäätmeid kasutati betooni valmistamisel. Betoon on maailmas üks laialdasemalt kasutusel olev materjal ja seda saab valada paljude erinevate vormidena. Komposiitmaterjal on moodustatud tsemendi, liiva, killustiku ja vee osadest nii, et see oleks tugev, vastupidav ja säästlik.

Tavaliselt suunatakse tekstiilijäätmed taaskasutusse, et moodustada nendest uusi praktilisi kaupu, siis tegelikkuses jõuavad need mingi aja tagant tagasi jäätmete hulka. Selle eksperimendi eesmärkideks oli utiliseerida tekstiilijäätmed tsemendiliste komposiidena, hinnata selle füüsikalisi omadusi, katsetada tugevust ja võrrelda tavalise betooniga.

Tekstiilijäätmete hulgast valiti eksperimendiks kasutamiseks viskoos ja polüester, sest need on väiksema imavusega. Jäätmed kärbiti 2 kuni 6 pikkusteks tükkideks. Teisteks kasutatavateks materjalideks olid tsement, vesi, peenkillustik ja jämekillustik. Betoonitükke valmistati erineva tekstiilijäätme sisaldusega, mis avaldati protsentides. Pärast valmistamist viidi läbi kolm erineva meetodiga katset. Katsetati survetugevust, paindetugevust ja tõmbetugevust. Kõikidel juhtudel suurenes tugevus 2-3% võrreldes tavalise betooniga.

Järeldustena on välja toodud, et tekstiilijäätmed betoonis pigem tugevdasid betooni, aga kui suurendada tekstiilijäätmete mahtu betoonis, siis betooni maht suureneb ning võtab rohkem ruumi ja lõpuks betooni tugevus väheneb [17].

2.3.5 Tekstiilijäätmete põletamine

Jäätmete põletamisel tuleb teada üksikasjalikult jäätmete koostist ja omadusi. Jäätmeid kütusena kasutades, on vaja teada jäätmete kütteväärtust, niiskusesisaldust, tuhasisaldust, tuha iseloomu, kahjulike ainete (kloor, väävel jne) sisaldust, tüki suurust, lendosade sisaldust, arvutusteks ka elementaarkoostist, see tähendab neidsamu suurusi, mis tavakütuste korral. Kuna jäätmed on segud, mis koosnevad erinevatest materjalidest, siis on nende omadused määratud üksikute komponentide omadustega ja komponentide suhteliste kogustega. Kodusest sorteerimisest jääb üle väga suurtes kogustes segaolmejäätmeid (tekstiil kuulub selle alla). Olmejäätmete energeetiline väärtus on samaväärne põlevkivi ja hakkepuiduga. Olmejäätmetest energia tootmine on hea alternatiiv ladestamisele. Tabelis 2 on välja toodud olmejäätmete protsendiline koostis Eestis [18] [19].

Tabel 2. Olmejäätmete koostis Eestis,% [19]

| Koostis/komponent | Tallinn | Pärnu | Rapla | Aravete | Kiiu | Loo | Keskmine |
|-----------------------------|---------|-------|-------|---------|------|------|----------|
| Orgaaniline (biolagundatav) | 41,5 | 32,1 | 38,2 | 48,2 | 56 | 40,2 | 42,3 |
| Paber ja kartong | 23,8 | 14,1 | 24,6 | 24,6 | 19,5 | 40,9 | 25,3 |
| Klaas | 2,4 | 5,6 | 1,6 | 3,6 | 0 | 1,6 | 2,7 |
| Metall | 5,4 | 6,7 | 11,8 | 0,1 | 0,7 | 2,1 | 3,9 |
| Plast | 19,1 | 2,6 | 5,5 | 10,4 | 4,12 | 5,7 | 11,6 |
| Puit | 2,1 | 8,2 | 1,2 | 3,6 | 11,9 | 1,3 | 3,3 |
| Püsijäätmed | 1,0 | 28,6 | 10,6 | 5,3 | 3,1 | 4,9 | 6,7 |
| Komposiitmaterjalid | 4,0 | 2,1 | 5,3 | 3,1 | 0,6 | 2,1 | 3,4 |
| Tekstiil | 0,6 | 0 | 1,2 | 0 | 4,1 | 1 | 0,9 |
| Ohtlikud jäätmed | 0,1 | 0 | 0 | 1,1 | 0 | 0,2 | 0,2 |

Masspõletusprotsess

Masspõletusel suunatakse kogu jäätmete mass algsel, töötlemata kujul põletusseadme koldesse. Enne põletusseadmesse jõudmist eraldatakse väga suured mittepõlevad komponendid, nagu majapidamisest kõrvaldatud tarbetud seadmed ja mahukad esemed. Jäätmekogumisautod tühjendavad koormad otse katlamaja territooriumil olevasse süvapunkrisse. Haaratsiga sildkraana abil viiakse jäätmed mehaanilise kütteseadme laadimispunktrisse. Põletatavad jäätmed suunatakse mehaanilisele varbrestile. Põlevained põlevad lõplikult ära, tuhk langeb tuhapunktirre, kust ta läheb töötlemisele või matmisele.

Pöördahjus põletamine

Pöördahjus põletamine ei ole nii populaarne kui masspõletus ja seda kasutatakse tavaliselt ohtlike jäätmete põletamiseks. Pöördahi pöörab jääke silindrilises ahjus, et optimeerida segunemist ja tagada ühtlane põlemine. Tavaliselt toimib põletamine gaasil temperatuurivahemikus 800 °C kuni 1000 °C . Pöördahjus saab põletada suures koguses gaase, vedelikke, tahkeid aineid ja isegi esemeid mis on mahult suuremad. Samuti on võimalus suurte koguste asemel ka partii põletusi teostada.

Keevkihis põletamine

Sellist põletusviisi kasutatakse olmejäätmete hävitamiseks harva, aga lähimate aastate jooksul loodetakse selle märgatavat kasvu. Tehnoloogia koosneb liivakihist, mida hoitakse sujuvas liikuvuses tänu kuumale õhule, mis liivakihist läbi lastakse. Antud kuuma õhku kasutatakse ka esmase põlemisõhuna. Keevkihis jäätmete tuhastamise operatiivne temperatuurivahemik on 750 °C – 1000 °C ja sellel on väga kõrge põletuse kasutegur. Keevkihis saab põletada vedelikke, tahkiseid ja gaase nii kaua kuni need süsitakse läbi düüside, ilma, et need sulaksid või prahistuksid [20].

2.3.5.1 Põletamisega seotud seadusandlus

Jäätmete põletamisel peab teadma ja kinni pidama põletamist reguleerivatest õigusaktidest. Eestis reguleerib seda “Jäätmeseadus”. Jäätmeseadus sätestab üldnõuded jäätmete tekke ja neist tuleneva tervise- ja keskkonnaohu vältimiseks ning jäätmehoolduse korralduse jäätmete ohtlikkuse ja koguse vähendamiseks, samuti vastutuse kehtestatud nõuete rikkumise eest. Seaduses on sätestatud, et olmejäätmed tuleb enne prügilasse ladestamist sorteerida, et võimaldada jäätmete taaskasutamist võimalikult suures ulatuses. Kui segaolmejäätmed on sorteerimata, siis on nende ladestamine prügilasse keelatud. Kui jäätmete täiendav töötlemine vähendab jäätmete kogust, ohtlikkust või lihtsustab nende käsitlemist, tuleb seda teha. Lisaks sellele kehtib ladestavate biolagunevate jäätmete koguse protsendiline piirang. Hetkel ei tohi prügilasse ladestavate olmejäätmete hulgas biolagunevaid jäätmeid olla üle 30 massiprotsendi. Alates 2020. aasta 16.juulist ei tohi biolagunevaid jäätmeid olla üle 20 massiprotsendi [21].

2.3.6 Tekstiilijäätmete ladestamine

Tekstiilijäätmeid, mida ei ole võimalik taaskasutada, ladestatakse tavajäätmeprügilatesse. Prügi ladestatakse sektsioonide kaupa, kus jäätmed lükatakse laiali. Korraga ladestatava kihi paksus on 0,5-1m. Tekkinud kiht purustatakse ning seejärel tihendatakse. Et täita üks sektsioon, võib kuluda umbes nädal. Pärast täitmist kaetakse sektsioon pinnase või mõne muu inertse materjaliga. Kattekihi paksus on 10-15 cm. Ladestusala on ümbritsetud võrguga, mis takistab prügi lendumist [22].

2.3.6.1 Olmejäätmed ja saastetasumäärad Eestis

Viimastel aastatel on tänu kiirele majanduse ja tarbimise kasvule olmejäätmete kogused märgatavalt suurenenud. Varem ladustati suur osa olmejäätmetest prügilasse. Viimasel ajal on kasvanud ka olmejäätmete taaskasutamine. Praegu on prügilasse ladestamise saastetasumäär

väga kõrge ja see on kaasa aidanud jäätmete põletusvõimsuse kasvule. Alates 2009. aasta juunist on keelatud jäätmete ladestamine mittevastavatesse prügilatesse.

Saastetasumäär on kehtestatud selleks, et mitte anda eelist nõuetele mittevastavatele prügilatele uute prügilate ees. Keskkonnatasude seadusega on tõstetud jäätmete ladestamisele kehtestatud saastemakse hüppeliselt. Olmejäätmete saastetasumäär on alates 2015. aasta 1.jaanuarist 29,84 eurot. 2011 aastal oli see summa 14,38 eurot [23]. Saastetasumäär on kehtestatud selleks, et mitte anda eelist nõuetele mittevastavatele prügilatele uute prügilate ees. Tasumäära ja prügila nõuetekohasuse koefitsendi kasv tagab ettevõtete majandusliku huvi keskkonnakaitsenõuete täitmise vastu. Saastetasumäära tõstmisega antakse jäätmetekitajatele märku, et jäätmekäitluses on ka muid jäätmete hulka vähendavaid võimalusi nagu näiteks taaskasutus [24].

2.3.7 Tekstiiljätmete edasimüük

Tarbijajärgsed tekstiiljätmed satuvad algselt mõnda taaskasutuskeskusesse, kus sorteerimistulemusena kasutamiskõlblikumad riideesemed müüki pannakse. Osta saab neid tavaliselt odava raha eest ja inimesed külastavad selliseid kohti huviga, et leida endale sobivad riided madalamast hinnaklassist.

Eestis on loodud ettevõtted nagu Humana, Uuskasutuskeskus, erinevad kirbuturud jpm. Lisaks nendele võib kasutatud esemeid ja riideid pakkuda abi korras ka Punasele Ristile, Päästeametile, erinevatele kiriklikele abiorganisatsioonidele, suurperede ühendustele, lastekodudele ja varjupaikadesse [25].

3 Lahenduste analüüs

Järgnevas peatükis on analüüsitud tekstiilijäätmete ümbertöötlemise positiivseid ja negatiivseid külgi ning erinevaid ümbertöötlemise võimalusi. Analüüsi tulemusel on tehtud järeldused, millised võimalused oleksid kaitseväge probleemile lahenduseks.

3.1 Mehaaniline ja keemiline ümbertöötlemine

Mehaanilise ümbertöötlemise heaks omaduseks on see, et selle käigus on võimalik purustada väga paljusid erinevaid tekstiilmaterjale. Ressursse arvestades, mehaaniline ümbertöötlemine on palju säästvam, kui toormaterjalist tootmine. Kui tekstiilijäätmed on sorteeritud värvi järgi ja seejärel ümbertöötlemise käigus toodetud värvispetsiifilist partiid, siis kulutatakse vähem energiat ja samuti välditakse materjalide uuesti värvimist ning vee kasutamist [26].

Mehaaniline ümbertöötlemine on ka säästlikum kui keemiline ümbertöötlemine, sest see on madalama energiakuluga ja seetõttu ka odavam. Samuti on mehaaniline ümbertöötlemine kõige keskkonnasõbralikum tehnoloogia, sest selle juures ei kasutata erinevaid kemikaale või muid kahjulikke aineid. Mehaanilisel ümbertöötlemisel on ka negatiivseid külgi. Kui mehaanilisel ümbertöötlemisel kasutada hiljem kiudude värvimist, siis suure tõenäosusega jääb värv ebahühtlane. Mehaanilise ümbertöötlemise protsessi saab rakendada vaid mõne korra ühe materjali puhul, sest kui seda korduvalt teha, siis lõpuks materjali molekulaarstruktuur puruneb ja seda ei ole võimalik enam tekstiilina kasutada.

Keemilise ümbertöötlemise puhul on heaks küljeks see, et seda saab ühe materjali puhul korduvalt rakendada, ilma, et see laguneks. Keemiline ümbertöötlemine on hetkel veel palju kallim, kui mehaaniline ümbertöötlemine ja selle energiakulu on samuti väga suur [27].

Mehaanilisel ja keemilisel ümbertöötlemisel peab arvestama asjaoluga, et enamusel kaitseväge varustuse elementidel on palju väikseid osasid nagu lukud, trukid, nõöbid jne. Selleks, et varustus mehaaniliselt või keemiliselt ümber töödelda, peab need osad eemaldama. Manuaalselt on nii suure koguse juures nende eemaldamine liiga suuremahuline ning sellisel juhul oleks mõistlik eemaldada need osad spetsiaalse masinaga. Eestis hetkel sellist masinat ei ole, aga siinkohal on mõtlemisainet tulevikuks.

Järgnevalt on välja toodud erinevad varustuste osad, mis oleks võimalik koheselt mehaaniliselt või keemiliselt ümber töödelda, arvestades seda, et neil puuduvad furnituuri

osad. Vastavalt lisas 1 toodud tabelitele on välja valitud vormielemendid, mis sisaldavad minimaalses koguses erinevaid mittetekstiilseid lisandeid. Tavavormi elementidest saaks kasutada järgmiseid: barett, lipsud, suvemüts, talvemüts, sall, kindad. Õhtuvormi elementidest saaks kasutada ainult kivilipsu. Välivormi puhul, mida tekib kõige rohkem, saaks kasutada samuti ainult ühte elementi, milleks on välivormi müts. Riide- ja lahinguvarustuse elementidest on potentsiaalsed kasutamiseks aluspüksid, alussokid, fliis, joogitops, joogipudel, kiivrialune müts, kiivrikate, käterätik, labakindad, poolvillased sokid, saapasokid, sooja aluspesu püksid, õhukesed soojapesupüksid, sooja aluspesu särk, õhuke soojapesusärk, talvekummikute sisetallad ja viltsisud ning torusall. Spordivarustusest saaks koheselt ümber töödelda dressipluuse ja -pükse. Laeva teenistusvormi elementide hulgast saab kasutada teenistusvormi mütsi ja torusalli. Madruse vormielementidest kraed, lipsu ja mütsi. Samuti meditsiinierialariietusest võib ümbertöötlemisele saata mütsi.

Kõikide varustuste elemendid nagu särgid, joped, jakid, püksid, vestid, saapad ja paljud muud, sisaldavad nõope, trukke, lukke ja krõpse, mis on vaja enne ümbertöötlemist eemaldada. Kõikide osade materjale pole lisades välja toodud, aga edasi tuleks sorteerida need elemendid, mis sobivad koheselt ümbertöötlemisele minemiseks, vastavalt materjalidele ning seejärel vaadata kas on mõistlikum töödelda need ümber mehaaniliselt või keemiliselt.

3.2 Materjalijäätmete taaskasutus puhastuslappidena

Materjalijäätme taaskasutus nõuab samuti varustuse elementidelt furnituuri eemaldamist ja ka etikettide eemaldamist, et teha sellest tööstuslikud puhastuslapid või rätikud. Kuna parim materjal selliseks kasutuseks on puuvill, siis lisades olevates tabelitest on välja toodud varustuse sellised elemendid mis koosnevad puuvillasest materjalist. Samuti on head imavusomadused ka puuvilla ja polüestri segudel. Kui selliseid varustuse elemente pole väga suurtes kogustes, siis on lihtne neist toota puhastuslappi. Negatiivseks küljeks selle taaskasutusliigi puhul on see, et kui need puhastuslapid samuti ära kasutatakse, siis on need nii kasutuskõlbamatud, et kategoriseeruvad prügi alla. Potentsiaali ümbertöötlemiseks enam ei ole. Suure tõenäosusega visatakse need prügikasti ja need satuvad lõpuks ladestamisele, mis omakorda hävitab jällegi keskkonda.

Tabelis olevad elemendid, mis koosnevad 100% puuvillasest kiust, on järgmised: riide ja lahinguvarustuse elementide all olevad alussokid ja käterätikud. Suure puuvillasisaldusega on ka selle varustuse elementide alla kuuluvad saapasokid.

3.3 Bioetanooli ja biogaasi tootmine

Etanooli ja biogaasi tootmise juures on palju positiivseid külgi. Esiteks, kui tegemist on segumaterjaliga, siis selles protsessis saab väga lihtsalt eraldada mittetselluloossed osad tsellulooskiududest. Tselluloosi taastamise juures väheneb tsellulooskiudude suurus ja tänu sellele saab eraldada tsellulooskiud ka sellisest materjalist, kus tsellulooskiud on kaetud sünteetilise materjaliga. Teiseks heaks küljeks selle protsessi juures on asjaolu, et NMMO lahust saab taaskasutada sama protsessi juures mitmeid kordi. Kolmandaks heaks küljeks on see, et eraldatud mittetselluloosseid polümeere on lihtsam ümber töödelda kui originaaltekstiile, sest tegemist on puhta materjaliga [16].

Negatiivseks osapooliks selles protsessis on mittetselluloossed osad, mis järgi jäävad, need peab ümber töötlema ja see on niiõelda lisaprotsess. Ehk kõige mõttekam selles kategoorias oleks toota biogaasi ja bioetanooli just puhtast materjalist. Antud juhul saaks siin kasutada jällegi riide ja lahinguvarustuse elementide all olevaid alussokke ja käterätikuid, mis koosnevad puhtast puuvillast.

3.4 Kasutamine komposiitmaterjalides

Komposiitmaterjalides tekstiilijäätmete kasutamine on veel arendamisel, kuid sellel on tulevikku. Komposiitmaterjalist nagu betoon saab teha palju erinevaid tooteid nagu betoonplaadid, aiaelemendid, trepid, pingid- ja lauad, aiavaasid, prügikastid, teetõkked jne. Ühe eksperimendi puhul ei saa midagi kindlat veel järeldada, küll aga saab seda teemat edasi arendada tuleviku tarbeks. Kõigepealt tuleks investeerida suuremat sorti katsetesse. Lisaks sellele tuleks vaadelda ja proovida ka teisi tekstiilmaterjale, ehk on mõne muu materjali toime positiivsema väljundiga. Mis puutub tekstiili tükeldamisse, siis võib katsetusi teha ka täielikult purustatud tekstiilijäätmetega. Sellisel juhul ei ole vaja eemaldada varustuse küljest tahkeid osasid nagu trukid, lukud, takjapaelad jne. Samuti on Eestis palju erinevaid betoonitehaseid, kelle saaks sellisesse ettevõtmisesse kaasata.

3.5 Põletamine

Põletamine on heaks alternatiiviks ladestamisele. Kui põletamisega hävitatakse kõik jäätmed, siis ei teki juurde enam uusi prügilaid. Samuti väheneb prügilagaasi teke ja nõrgvee reostuskoormus väheneb märgatavalt. Lisaks sellele on positiivne külg ka see, et

olmejäätmete energeetiline väärtus on samaväärne põlevkivi ja hakkepuiduga ning põletamisel saab selle energiahulga ära kasutada [28]. Põletamise heaks asjaoluks on samuti see, et selles protsessis ei ole vaja eemaldada varustuselt furnituuri.

Kuna tekstiilijäätmed kuuluvad olmejäätmete hulka, siis peamiseks miinuseks olmejäätmete põletamisel on heitgaaside õhku paiskumine. Mõningate materjalide mittetäielik põlemine võib tekitada kasvuhoonegaase metaani ja diämmastikoksiidi, samuti tekivad ka kiirgused ja gaasid, mis mõjutavad õhu kvaliteeti nagu lämmastiku ja väevli oksiidid. Kõige häirivamaks on aga kõrvalproduktid, mida põletatavad materjalid sisaldavad, nagu näiteks metallid ja muud ohtlikud ained. Nagu eelnevalt mainitud, siis põletamine vähendab oluliselt uute prügilate tekkimist, siis põlemisest järele jääv tuhk võib samuti olla mürgine ja vajab erilist lõppladestamise rajatist [29].

3.6 Ladestamine

Tekstiilijäätmete ladestamine on hetkel suuresti vähenenud, kuna üritatakse võimalikult rohkelt taaskasutust rakendada. Ladestamisega kaasneb palju negatiivseid külgi. Riiete ladestamine maapinda põhjustab metaani eraldumise. Samuti tekib ohtlikku kasvuhoonegaasi, mis on mõjuvõimas, aitamaks kaasa kliimasoojenemisele. Rõivad ja jalanõud sisaldavad erinevaid värvaineid ja kemikaale, mis võivad imenduda maapinda, põhjustades nii pinnavee kui ka põhjavee saaste. Orgaaniliste kiudude lagunemine nagu puuvill, võib eraldada suures koguses ammoniaaki. Ammoniaak on väga mürgine nii pinnasele kui ka veekogudele ning see on mürgine ka gaasilisel kujul. Selle tagajärjel võib tõusta lämmastiku tase joogivees, mis on inimesele väga kahjuliku mõjuga. Tekstiilijäätmete maapinda ladestamine saastab tohutult keskkonda ja see peaks olema kõige viimane alternatiiv jäätmekäitluseks. Ainuke positiivne aspekt ladestamise juures on see, et kõikidest eelnevatest variantidest on see kõige lihtsam ja kiirem ning selle käigus ei ole tarvis eemaldada rõivastelt väiksemaid osi nagu lukud, trukid, krõpsud, nõöbid jne. Kaitsevæ probleemile maapinda ladestamine mingisugust lahendust ei too [30] [31].

3.7 Edasimüük

Eesti Kaitsevæ vormiriietuse edasimüümise ei ole lubatud, sest see on soetatud kaitsevæes kasutamiseks. Küll aga saab ära anda kasutatud kaitsevæe varustuse, mis on kulunud ja katki,

et seda uuskasutada. Uuskasutuseks on väga palju erinevaid võimalusi. Riidevarustust on võimalik kasutada kangastelgedel vaipade kudumiseks. Vähemkulunud detaile saab kasutada lapitekkide ja nukuriiete valmistamiseks. Riideribadest saab ka kaltsuvaipu heegeldada või rüüvaipu kududa. Lisaks sellele on võimalik veel valmistada näiteks lemmiklooma tarbeid – magamisalused, väljaskäimise riided jne.

3.8 Järeldus

Töö tulemusena võib järeldada, et mõistlik oleks kõigepealt varustuse elemendid materjalide järgi sorteerida ja seejärel vastavalt materjalidele leida sobivad ümbertöötlemise meetodid. Individuaalvarustuse elemente, millel on lisaosad nagu nõöbid, trukid, lukud ja takjapaelad moodustavad enamuse Kaitseväe varustusest ja see raskendab asjaolu leidmaks ühe meetodi Kaitseväe varustuse hävitamise probleemile.

Hetkel oleks kõige otstarbekam kõik materjalid mehaaniliselt ümber töödelda ja seejärel kasutada neid mõnes muus tekstiilis lisandina või mõne toote täitematerjalina. Selleks oleks vaja eemaldada varustuse nõöbid, lukud ja trukid, seega esialgu saaks ümbertöötlemisse sorteerida individuaalvarustuse osad, millel puuduvad furnituuri osad. Eestis on ainuke tekstiilmaterjale ümber töötlev ettevõtte AS Toom Tekstiil. Firma töötleb hetkel küll ümber ainult tootmisjääke, kuid usun, et nad oleksid huvitatud ka kasutatud materjalidest.

Kaitseväe varustuse jäätmete kasutamine betoonis või biogaasina on Eesti mõistes olematu ja selle toimimiseks on vaja teha rohkem uuringuid, katsetusi ja analüüse. Tulevikus on kindlasti nendel variantidel lõppkokkuvõttes palju rohkem potentsiaali.

Selleks, et tulevikus saada täpsemad vastused analüüsile ja pakkuda välja konkreetsemad variandid, tuleb Kaitseväe jäätmed põhjalikumalt kaardistada. Kasutatud varustuse kaardistamine on aga väga ajamahukas ja suur töö. Sügisest algab koostöö Eesti Kunstiakadeemia, Eesti Kaitseväe ja Tallinna Tehnikaülikooli vahel seoses Kaitseväe ning Politsei- ja Piirivalveameti varustuste ümbertöötlemise ja taaskasutusega.

Kokkuvõte

Eesti Kaitseväge ülesandeks on tagada valmisolek riigi kaitsmiseks sõjalise tegevusega. Eesti Kaitsevägi jaguneb kolmeks üksuseks: Maavägi, Õhuvägi ja Merevägi, kellel kõigil on vastavalt nimetusele eraldi rollid. Kui kaitsevaelane asub kaitseväeteenistusse, siis samal päeval väljastatakse talle vormiriietus ja vormil kantavad riiklikud tunnused. Vormiriietust võib kasutada vaid teenistusülesannete täitmisel. Kaitsevaelane on kohustatud varustust hoidma heaperemehelikult ja vajadusel tegema parandustöid. Varustust peseb ja parandab hanke korras teenust pakkuv ettevõtte. Kaitseväge varustuse hävitab riigihanke võitnud teenuse pakkuja, selle teenuse summad on aga suured, kuna kasutatud varustust tekib väga palju. Eelmisel aastal maksis kaitsevägi kasutuskõlbmatuks muutunud varustuse kõrvaldamiseks 18 000 eurot. Kõige rohkem läheb mahakandmisele välivormi elemente, mille põhimaterjalideks on puuvill, polüester, polüamiid ja polüpropüleen.

Tekstiilijäätmeid on olemas kolme liiki: tarbimisjärgsed jäätmed, tekstiilmaterjalide tootmise käigus tekkivad jäätmed ja tekstiilitoodete ja rõivaste tootmise järgselt tekkivad jäätmed. Kaitseväge varustuse jäätmed kategoriseeruvad tarbimisjärgsete jäätmete hulka. Maailmas on tarbimisjärgsete tekstiilijäätmete ümbertöötlemiseks ja taaskasutuseks mõned üldlevinud võimalused. Nendeks on tekstiilijäätmete mehaaniline ja keemiline ümbertöötlemine, materjalijäätme taaskasutus puhastuslappidena, tekstiilijäätmetest bioetanooli ja biogaasi tootmine, purustatud tekstiilijäätmete komposiitmaterjalides kasutamine, tekstiilijäätmete põletamine, ladestamine ning taaskasutus edasimüügi näol.

Eelnevaid meetodeid analüüsid on hetkel kõik variandid keerukad toimimaks nii suurte koguste ja laia materjalivarieeruvuse puhul. Kõikidel võimalustel on omad positiivsed ja negatiivsed küljed. Põhiliseks ümbertöötlemist raskendavaks asjaoluks on see, et kaitseväge varustus sisaldab palju mittetekstiilseid osasid, mille eemaldamine on vajalik ümbertöötamiseks, ent see on keerukas ja aeganõudev. Põletamisel ja ladestamisel puudub vajadus mittetekstiilsete osade eemaldamiseks, aga need meetodid on keskkonda saastavad ning seda tuleks vältida.

Kõigepealt tuleks Kaitseväge varustuse jäätmed sorteerida ja ümbertöötlemisse saaks hetkel saata vaid need varustuse osad, millel puuduvad mittetekstiilsed osad. Kõige sobivam variant nende varustuse elementide ümbertöötlemiseks oleks mehhaaniline ümbertöötlemine, mida teostab Eestis ettevõtte AS Toom Tekstiil.

Käesoleva bakalaureusetöö käigus tehti sissejuhatus Eesti Kaitseväge varustuse taaskasutuse temaatikasse. Antud teema vajab täiendavat uurimist. Edasiste sammudena on ette nähtud koostöös Eesti Kunstiakadeemiaga teostada Kaitseväge varustuse jäätmete ja materjalide veelgi täpsem kaardistamine. Samuti on plaaneeritud teha vastavalt jäätmete materjali koostistele katsetused erinevate ümbertöötlemise meetoditega ja neid põhjalikumalt analüüsida. Alles seejärel saab leida kõige säästlikuma võimaluse Eesti Kaitseväge varustuste hävitamise probleemile.

Kasutatud kirjandus

- [1] Vikipeedia - Eesti kaitsevägi. [Online]. https://et.wikipedia.org/wiki/Eesti_kaitsevagi (13.01.2017)
- [2] (24, Apr.) mil. [Online]. <http://www.mil.ee/et/kaitsevagi/organisatsioon> (30.02.2017)
- [3] Eesti kaitsevägi - maavägi. [Online]. <http://www.mil.ee/et/kaitsevagi/maavagi> (13.01.2017)
- [4] Eesti kaitsevägi - merevägi. [Online]. <http://www.mil.ee/et/kaitsevagi/merevagi> (13.01.2017)
- [5] Eesti kaitsevägi - õhuvägi. [Online]. <http://www.mil.ee/et/kaitsevagi/ohuvagi> (13.01.2017)
- [6] Kaitsevälase vormiriietuse kirjeldus ja vormiriietuse väljastamise kord (01.11.2013), RT I, 29.10.2013, 2.
- [8] Rick LeBlanc. (2017, Mar.) The balance. [Online]. <https://www.thebalance.com/the-basics-of-recycling-clothing-and-other-textiles-2877780> (12.01.2017)
- [7] I. Boncamper, *Tekstiilkiud.*: Gordet Oy.
- [9] Subramanian Senthilkannan Muthu, *Textiles and Clothing Sustainability : Recycled and Upcycled Textiles and Fashion.*: Springer Singapore, 2016.
- [10] G. Humpston, P. Willis, D. Tyler, and S. Han, "Technologies for sorting end of life textiles," 2014.
- [11] Y. Wang, *Recycling in textiles.*: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LCC, 2006.
- [12] Bojana Voncina, "Recycling of textile materials," 2016.
- [13] Toom Tekstiil AS. [Online]. <http://www.toomtekstiil.ee/collections/recycling/high-loft-wadding/> (20.02.2017)
- [14] (2013, June) Useagainblog. [Online]. <https://usagainblog.com/2013/06/27/textile-recycling-what-happens-to-the-non-reusable-stuff/> (10.01.2017)
- [15] The Original Industry: Rags. [Online]. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:idgczU1nKcgJ:textiles.americantex.com/Asset/RagStory-1.doc+&cd=18&hl=et&ct=clnk&gl=ee&client=safari> (06.05.2017)

- [16] A. Jeihanipour, K. Karimi, C. Niklasson, and M. Taherzadeh, "A novel process for ethanol or biogas production from cellulose in blended-fibers waste textiles," Aug. 2010.
- [18] Elekter ja soojus jäätmetest. [Online]. https://www.energia.ee/documents/10187/15087/elekter_ja_soojus_jaatmetest_a4_est.pdf (16.03.2017)
- [17] M. Rajkumar, R. Saravanan, T. Roopanpandi, and T. Surya. (2015, Aug.) Experimental investigation of textile wastes used in concrete. [Online]. <https://www.slideshare.net/RajKumar1334/experimental-investigation-of-textile-wastes-used-in-concrete> (29.03.2017)
- [19] JÄÄTMEKÜTUS. [Online]. <https://www.ttu.ee/public/m/Mehaanikateaduskond/Instituudid/soojustehnika-instituut/oppematerjalid/kyte-ventilatsioon/10.Jaatmekutus.pdf> (16.03.2017)
- [20] Tamer M. Ismail, R. Sun, and X. Ren, *Combustion Characteristics of Simulated Municipal Solid Wastes in a Fixed Bed.*: Nova Science Publishers, Inc., 2016.
- [21] Jäätmeseadus (24.06.1013), RT I 2004, 9, 52.
- [22] Uikalaprügila. [Online]. <https://www.uikalaprugila.ee/et/p/waste-management/landfilling> (24.04.2017)
- [23] Keskkonnatasude seadus (01.01.2017), RT I 2005, 67, 512.
- [24] Jäätmete saastetasu rakendamise analüüs, uued suunad ja ettepanek uute tasumäärade rakendamiseks aastatel 2010-2015. [Online]. https://www.envir.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/jaatme_aruanne23_04_08_0.pdf (20.03.2017)
- [25] T. Homutov. bioneer. [Online]. <http://www.bioneer.ee/eluviis/tarbimine/aid-11816/Rõivad-ja-taaskasutus> (14.05.2017)
- [26] K. Fletcher, *Sustainable Fashion and Textiles: Design Journeys.*: Routledge, 2013.
- [28] R. Kiviselg. (2010) Biojäätmete käitluse olukord Eestis, arengukavadest ja seadusandlusest tulenevad nõuded täna ja tulevikus. [Online]. <http://www.seit.ee/failid/637.pdf> (30.04.2017)
- [27] T. Palm et al., *Towards a Nordic textile strategy: Collection, sorting, reuse and recycling of textiles.*: Nordic Council of Ministers, 2013.
- [29] Pablo Paster. (2010, June) Ask Pablo: Waste Incineration, Good Or Bad? [Online]. <https://www.treehugger.com/renewable-energy/ask-pablo-waste-incineration-good-or->

[bad.html](#) (30.04.2017)

- [30] M. Wallander. (2012, Jan.) Why Textile Waste Should be Banned From Landfills. [Online]. <http://www.triplepundit.com/2012/01/textile-waste-be-banned-landfills/> (24.04.2017)
- [31] (2015, Dec.) TEXTILES WASTE RECYCLING. [Online]. <http://www.textilevaluechain.com/index.php/article/technical/item/273-textiles-waste-recycling> (24.04.2017)

Summary

A lot of textile and clothing is produced every year, which also creates huge amount of textile waste, but only a small part of it is reproduced. To save the environment, there is a need to create new reproducing methods and possible options in a field of recycling.

This Bachelors thesis is focused on reproduction and recycling methods of Estonian National Armys secondhand individual equipment. Estonian National Army has a long-term problem with utilizing the used equipment and the purpose of this thesis is to chart the textile wastes in Estonian National Army and also to present new solutions to recycle and reproduce textile waste.

The purpose of Estonian National Army is to be ready to defend the country with military power and it is divided into three units: airforce, army and navy, whom has the specific rolls depending of their speciality. At the same day, when soldier joins the Military Service, He/She is given the uniform with national emblems. The uniform can only be used on service tasks. In the year of 2016, there were 63 tons of textile waste, including footwear. The utilizing process is funded by Estonian National Army, but is completed by company who wins the public procurement. In the year of 2016, the cost of utilizing was about 18 000 euros.

The equipment waste of National Army are categorized into post-consumer waste. Most common post-consumer textile waste reproducing and recycling methods are: mechanical and chemical reproduction of textile wastes, using material waste as cleaning cloth, producing bioethanol and biogas, using crushed textile waste in composite material, textile waste burning, landfilling and also reselling.

All of these previous methods are complex to work because of big amount of textile waste and variety of different materials. The most negative side is that most parts of armys equipment includes many non-textile parts, which removal is needed to reproduce textile, but the removal process is difficult and time-consuming.

First of all, Esonian National Armys equipment waste should be sorted and at this moment only these elements can be sent to reproduction, which does not have non-textile parts. The most suitable option to reproduce these equipment elements, would be mechanical reproduction, which in Estonia could be done by Toom Tekstiil AS.

This thesis was only a introduction into the bigger problem and needs further research. Cooperation on this subject will continue with Estonian Art Academy, where the aim is to chart even more precisely National Armys equipment waste and materials. Also it is planned to run more tests, using different reproduction methods and analyze results. After that the most cost-effective method to exterminate used equipment of Estonian National Army can be found.

Lisa 1

Tavavormi elemendid

| Tavavorm | Materjali kiuline koostis |
|---|---|
| Barett | 100 % WO |
| Lips roheline / ristlips | kuni 100% PES (lipsusiid) |
| Lips must / ristlips | kuni 100% PES (lipsusiid) |
| Tavavormi mantel | min 80% WO |
| Tavavormi kuub | min 45% WO |
| Tavavormi püksid | min 45% WO |
| Tavavormi seelik | min 45% WO |
| Tavavormi lühikeste varrukatega vormisärk | min 55% CO, max 45% PES |
| Tavavormi pikkade varrukatega vormisärk | min 55% CO, max 45% PES |
| Tavavormi pidulik vormisärk | min 55% CO, max 45% PES |
| Tavavormi jope | 100% PES |
| Tavavormi müts | min 45 % WO |
| Tavavormi müts-kübar | kübaravilt |
| Tavavormi suvemüts | min 45 % WO |
| Tavavormi talvemüts | min 80% WO+tehiskarusnahk, mütsinokk PVC |
| Tuulejakk | PES/ PA/ PU ja 2-5% EA |
| Vihmamantel | 80% PES, 20% PU |
| Tavavormi nahkkindad* | naturaalne nahk |
| Tavavormi sall (tumehall)* | vähemalt 50 % meriino vill ning soovitatavalt 50 % polüakrüül |
| Tavavormi sall (must)* | vähemalt 50 % meriino vill ning soovitatavalt 50 % polüakrüül |
| Tavavormi sall (valge)* | vähemalt 50 % meriino vill ning soovitatavalt 50 % polüakrüül |
| Tavavormi kingad* | naturaalne nahk |
| Tavavormi talvesaapad* | naturaalne nahk |
| Tavavormi püksirihm* | 100 % naturaalne nahk |
| Paraadkindad* | 100% polüester või AC/ PES |
| Paraadkindad sooja voodriga* | |

Õhtuvormi elemendid

| Õhtuvorm | Materjali kiuline koostis |
|--------------------|--|
| Õhtuvormi kuub | põhimaterjal min 80% WO, vooder min 40% VI, reväär 80% PES, 20% PA |
| Õhtuvormi püksid | põhimaterjal min 80% WO, vooder min 40% VI |
| Õhtuvormi seelik | põhimaterjal min 80% WO, vooder min 40% VI |
| Õhtuvormi vest | kuni 100% PES |
| Õhtuvormi särk | CO, PES |
| Õhtuvormi vöö | kuni 100% PES |
| Õhtuvormi kivilips | kuni 100% PES (lipsusiid) |
| Õhtuvormi müts | min 45 % WO |
| Õhtuvormi kingad | naturaalne nahk |

Õhusõiduki meeskonna vormi elemendid

| Õhusõiduki meeskonna vorm | Materjali kiuline koostis |
|---------------------------|--------------------------------|
| Lendurijope | AR (tulekindel) |
| Lenduri talvejope | naturaalne nahk+kunstkarusnahk |
| Lennukombinesoon | AR (tulekindel) |

Riide- ja lahinguvarustuse elemendid

| Riide- ja lahinguvarustus | Materjali kiuline koostis |
|---|--|
| Alusmatt/ alusmatt-kanderaam | kate/ümbris PA PU kattega - hingav, sisu vahtpolüetüleen |
| Aluspüksid* | 100 % PES |
| Alussokid (kingasokid) | 100%CO |
| Ballistilised kaitseprillid värvitu klaasiga | |
| Ballistilised kaitseprillid tumeda klaasiga | |
| Ballistilised tolmuprillid* | |
| Fliis (k.a sviiter) | sviiter min 50%WO, 50%PAN, fliis 100% PES |
| Helkurpael | |
| Hügieenitarvete kott | PA (soovitavalt Pa 6,6) PU kattega |
| Jalaväelabidas | metall |
| Jalaväerakmed/taktikaline vest | PA (soovitavalt Pa 6,6) PU kattega |
| Joogitops | plast |
| Joogipudel | plast |
| Joogiveekott, individuaalne | kate PA (soovitavalt Pa 6,6) PU kattega, sisu - kumm |
| Kaarditasku, väike/suur* | PA (soovitavalt Pa 6,6) PU kattega |
| Katelok | metall |
| Kiivrialune müts | 80- 85 % PA või PES +EA |
| Kiiver | komposiit |
| Kiivrikate (suvine) koos kiivrikummiga | 50%CO, 50%PES |
| Kiivrikate koos kiivrikummiga (kõrbe) | 88%CO, 12%PA |
| Kiivrikate (talvine) | 70±10% PES, 30±10% CO |
| Kiivrikate (must) (MeV) | |
| Killuvest/kuulivest* | PA (soovitavalt PA 6) PU kattega, paneel AR |
| Kuulivestialune särk* | kehaosa PES, varrukad, krae - 50%CO, 50%PES |
| Küünarnuki kaitsmed | plast |
| Käterätik (Käterätik/Jalakuivatusrätik)* | 100% CO |
| Käsipagasi kott | PA (soovitavalt PA 6) PU kattega, paneel AR |
| Labakindad | pealiskangas min 70 % CO, vooder tehiskarusnahk |
| Leegikaitse kindad ja mask | AR |
| Magamiskott (suvine, talvine) | 100% PA 6 või PA 6.6, sisu 100% PES |
| Mustapesukott | PES |
| Meditiinikomplekt MK-1 | side, CO kolmnurkrätik, žgutt |
| Nuga | roostevaba teras, käepide plast |
| Otsmikulamp (pealamp) | plast |
| Taskulamp | metall |
| Patrullkott* | PA 6,6 või samaväärne |
| Poolsaapad (sisetaldadega), nahk, | naturaalne täisnahk, tald PU |
| Poolsaapad (sisetaldadega), nahk-tekstiil | naturaalne täisnahk, tekstiil - PA, tald PU |
| Poolsaapad, rahvusvaheline sõjaline operatsioon | naturaalne täisnahk, tekstiil - PA, tald PU |
| Poolvillased sokid | min 60% WO, 35 – 38 % polüamiidi, EA |
| Põlvekaitsmed | plast, kinnitus kumm |

| | |
|---|---|
| Saapasokid | 75 – 80 % puuvilla, |
| Sooja aluspesu püksid | 90-93 % polüester/ 7-10 % elastaan, varasemalt min 30 % CO, 5% EA |
| Õhukesed soojapesupüksid* | meriinovill |
| Sooja aluspesu särk | 90-93 % polüester/ 7-10 % elastaan, varasemalt min 30 % CO, 5% EA |
| Õhuke soojapesusärk* | meriinovill |
| Sõrmkindad | nahk+testiil |
| Sõrmkindad, rahvusvaheline sõjaline operatsioon | AR |
| Talvekummikud | nitriilkumm |
| Saapakatted | PU (polüuretaan), ülemine osa CO ja PES |
| Seljakott | 70-80% PA (soovitavalt PA 6,6), kattekiht 20-30 % PU |
| Sõdurikast | plast |
| Söögiriistade komplekt | metall |
| Talvekummikute sisetallad | WO+PES |
| Talvekummikute viltsisud | WO+PES |
| Talvise maskeerimisülikonna jakk | 70±10% PES, 30±10% CO |
| Talvise maskeerimisülikonna püksid | 70±10% PES, 30±10% CO |
| TBK kaitsemask | |
| TBK kaitsemask Scott m/95* | |
| TBK kaitseülikond (ühekordne) | |
| TBK kaitseülikond* | |
| TBK dekontamineerimispulber | |
| Telkmantel | 75±5 % PA, kattekiht 20±5 % PU |
| Torusall (roheline) | 80- 85 % PA või PES, |
| Torusall eriülesandeks | 80- 85 % PA või PES, 15- 20 % EA |
| T-särk (roheline) | min 90 % CO, aga ka 100% PES |
| T-särk (kõrbe) | min 90 % CO, aga ka 100% PES |
| Varustusekott | 70-80% PA (soovitavalt PA 6,6), kattekiht 20-30 % PU |
| Vihmaülikonna jakk | 82%PES, 18%PU kate |
| Vihmaülikonna püksid | 82%PES, 18%PU kate |
| Vormihoolduskomplekt | |

Spordivarustuse elemendid

| Spordivarustus* | Materjali kiuline koostis |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Pika spordidressi pluus* | 100% PE või PA |
| Pika spordidressi püksid* | 100% PE või PA |
| Lühikese spordidressi pluus* (T-särk) | 100% PE |
| Lühikese spordidressi püksid* | 100% PE |
| Spordijalatsid* | |
| Saunajalatsid* | |

Laeva teenistusvormi elemendid

| |
|---|
| Laeva teenistusvormi elementide loetelu |
| Laeva teenistusvormi jakk |
| Laeva teenistusvormi püksid |
| Laeva teenistusvormi müts |
| T-särk (must) |
| Sviiter (MeV, must) |
| Mereväe talvejope |
| Mereväe talvepüksid |
| Mereväe talvemüts |
| Laeva teenistusvormi lühikeste varrukatega särk |
| Laeva teenistusvormi pikkade varrukatega särk |
| Laeva teenistusvormi püksirihm |
| Laeva teenistusvormi poolsaapad |
| Laeva teenistusvormi turvakingad |
| Torusall (must) |

Madruse vormielemendid

| |
|--|
| Madruse vormielementide loetelu |
| Madruse särk |
| Madruse suvevormi särk |
| T-särk, valge |
| Madruse krae |
| Madruse lips |
| Madruse püksid |
| Madruse müts |
| Madruse poolmantel |
| Madruse talvemüts |
| Pandlaga vöörihm |

Kaplani erialariietuse elemendid

| |
|------------------------------------|
| Kaplani erialariietus* |
| Kaplani keep (must) |
| Kaplani keep (pea- ja vanemkaplan) |
| Stoola (must) |
| Vaimuliku särk |
| Välisstoola |

Auvahtkonna lisavarustuse elemendid

| Auvahtkonna lisavarustus * | Materjali kiuline koostis |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| Valge vöörihm | naturaalne nahk |
| Püstoli valge kabuur | naturaalne nahk |

Meditiinipersonali erialariietuse elemendid

| Meditiinipersonali erialariietus* | Materjali kiuline koostis |
|--|----------------------------------|
| Kingad | naturaalne nahk, tald PU |
| Lühike jope | 33±5% CO + 67±5 % PES |
| Lühiskeste varrukatega särk | |
| Müts | vähemalt 30% CO/ PES |
| Püksid | Materjali kiuline koostis |
| Voodrita kombinesoon | vähemalt 30% CO/ PES |

Eraldusmärgid

| |
|---|
| Eraldusmärgid/tunnused |
| Auastmetunnused pagunikatetel (tavavorm) |
| Auastmetunnused pagunikatetel (välivorm) |
| Auastmetunnused auastmealustel (MeV) |
| Vanemallohvitseride auastmetunnused õhtuvormi pagunikatel (MaV, ÕV) |
| Ohv. õhtuvormi pagunitel olevad gradatsioonitunnused |
| Ohv. vormimütsil olevad gradatsioonitunnused/ilustis |
| Ohv. vormimütsi kuldne punutud nõör |
| Metallist riigivärvidega mütsimärk (kokard) |
| Metallist vapikilbiga mütsimärk (MaV tavavormi mütsil) |
| Kaitseväe mütsimärk (baretil kantav mütsimärk) |
| Õhuväe metallist mütsimärk |
| Mereväe tekstiilmaterjalist mütsimärk |
| Plastikust nimesilt |
| Tekstiilmaterjalist nimesilt (140 mm X 25 mm), roheline |
| Tekstiilmaterjalist nimesilt (140 mm X 25 mm), must |
| Tekstiilmaterjalist nimesilt (140 mm X 25 mm), kõrbe |
| Tekstiilmaterjalist nimesilt (140 mm X 25 mm), sinakashall |
| Tekstiilmaterjalist nimesilt (40 mm X 100 mm) |
| Tekstiilmaterjalist identifitseerimissilt* |
| Vanemallohvitseride staažitunnus oliivrohelistel põhjal, kollane |
| Vanemallohvitseride staažitunnus oliivrohelistel põhjal, punane |
| Vanemallohvitseride staažitunnus sinakashalil põhjal, kollane |
| Vanemallohvitseride staažitunnus sinakashalil põhjal, punane |
| Vanemallohvitseride staažitunnus mustal põhjal, kollane |
| Vanemallohvitseride staažitunnus mustal põhjal, punane |
| Väeosa/struktuuriüksuse käiseembleem välivormile, roheline |
| Väeosa/struktuuriüksuse käiseembleem välivormile, kõrbe |
| Väeosa/struktuuriüksuse käiseembleem tavavormile |
| Meediku erialatunnused |
| Kaplani erialatunnused |
| Mereväe erialatunnused |
| Akselbant* |
| Mõõgavöökomplekt* |
| Lippuri lint* |