

Kõrgem Kunstikool Pallas

Maaliosakond

Lõuendikadude parandamisel kasutatavad liimid Eestis

Lõputöö

Hanna Kuusvere

Juhendaja: Kurmo Konsa, PhD

Tartu 2024

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	4
1. AJALOOLINE ÜLEVAADE LÕUENDIMAALIDE KONSERVEERIMISEST TÄNAPÄEVA PRAKTIKATENI.....	6
2. MAALIDE LÕUENDIPARANDUSTE TEGEMISEL KASUTATAVAD LIIMID.....	17
2.1. Loomsed liimid.....	17
2.2. Sünteetilised liimid.....	20
2.3. Taimsed liimid ehk tärklise liimid.....	24
3. LÕUENDIMAALIDE KONSERVEERIMISES KASUTATAVAD LIIMID EESTIS.....	26
3.1. Varasemad sarnased uuringud.....	27
3.2. Läbiviidud küsitlus.....	29
3.3. Küsitluse vastused.....	30
4. LÕUENDIPARANDUSTE TEGEMISEKS KASUTATAVATE LIIMIDE TESTIMINE.....	34
4.1. Ülevaade liimide testimisest.....	34
4.2. Katsed.....	36
4.3. Katsekehade ettevalmistamine.....	38
4.4. Katse läbiviimine.....	41
4.5. Polüamiid (P).....	43
4.6. Õhuke BEVA kile (Õ).....	44
4.7. Paks BEVA kile (B).....	45
4.8. Kalaliim + nisukliister (K).....	46
4.9. Liimide võrdlus.....	47
4.10. Katsetulemuste varieeruvuse põhjused.....	50
4.11. Võrdlus Reuberi (2008) tulemustega.....	51
KOKKUVÕTE.....	53
SUMMARY.....	55
KASUTATUD KIRJANDUS.....	57
LISAD.....	61

Lisa 1 Lõuendi liimimine maali konserveerimises küsitlus.....	61
Lisa 2 Õhukese Beva kile katsekehade tulemused graafikuna....	67
Lisa 3 Paksema BEVA kile katsekehade tulemused graafikuna.	72
Lisa 4 Polüamiidi katsekehade tulemused graafikuna.....	77
Lisa 5 Kalaliim + nisukliister katsekehade tulemused graafikuna..	83

SISSEJUHATUS

Maalikunsti konserveerimine on oluline valdkond, mis tegeleb kunstiteoste säilitamise ja taastamisega, et tagada nende pikaajaline kestmine ning hoida alles teoste kunstiline, esteetiline ja ajalooline väärtus. Üks oluline aspekt maalikunsti konserveerimisel on lõuendikahjustuste parandamine, kus kasutatakse erinevaid liime. Käesolev lõputöö keskendub lõuendikadude parandamisel kasutatavatele liimidele Eestis ning nende tõmbetugevuse testimisele.

Lõputöö eesmärk on analüüsida ja dokumenteerida Eestis maalide konserveerimisel lõuendikadude parandamisel kasutatavaid liime ning uurida nende omadusi ja tõhusust. Selleks viidi läbi küsitlus mitme maalikonservaatori hulgas ning teostati tõmbekatseid nelja kõige enam kasutatava liimi tugevuse hindamiseks.

Minu huvi teema vastu tekkis paar aastat tagasi lõuendikadude parandamise töötoas, kus tutvustati tekstiilipulbrit. See tekitas minus küsimusi erinevate liimide valimise ja nende tõhususe kohta ning innustas mind otsima nende vastuseid.

Uurimiseks viidi läbi küsitlus nelja maali konserveerimisasutuse konserveerijate hulgas, et täpsustada, milliseid liime praegu eelistatakse lõuendikadude parandamisel. Uuringus osalesid kogenud konserveerijad, kes jagasid oma kogemusi ja eelistusi erinevate liimide kasutamisel. Küsitluse tulemuste analüüs annab ülevaate sellest, millised liimid vastavad kõige paremini konserveerijate vajadustele ja millised omadused mõjutavad nende valikut.

Lisaks korraldasin tõmbekatseid nelja enimkasutatava liimi tugevuse hindamiseks. Katsete eesmärk oli mõista, kuidas liimi siduvus lõuendiga mõjutab tõmbetugevust ning millised liimid on kõige vastupidavamad. Uurimisküsimus oli, kas liimi siduvus lõuendiga mõjutab tõmbetugevust. Minu hüpoteesiks oli, et sünteetilised liimid on (tõmbetugevuses) vastupidavamad kui loomsed, mis selgitab nende laialdast kasutust konserveerijate seas.

Loodan, et minu uurimus aitab kaasa paremate ja tõhusamate meetodite väljatöötamisele maalikonserveerimise valdkonnas ning pakub väärtuslikku teavet nii õpilastele kui ka praktikutele. Tulemused annavad ülevaate tänapäeval Eesti maalikonservaatorite poolt kasutatavatest liimidest, nende omadustest ja tõhususest ning aitavad mõista erinevaid eelistusi ja praktikaid konserveerijate seas.

Lõputöö esimeses peatükis annan ülevaate kunstiteoste konserveerimise ajaloost ning tänapäevastest praktikatest. Teises peatükis tutvustan küsitluses hõlmatud liime, selgitan nende tausta ja kirjeldan omadusi. Kolmandas peatükis vaatlen liimide kasutamist lõuendikadude parandamisel maalikonserveerimise valdkonnas ning esitan küsitluse tulemused. Neljandas peatükis käsitlen varasemalt tehtud liimide tõmbetugevuse katseid ning arutan oma läbiviidud katse protsessi ja tulemusi. Samuti analüüsin, kas saan püstitatud uurimisküsimusele vastuse ning kas hüpotees kinnitub.

1. AJALOOLINE ÜLEVAADE LÕUENDIMAALIDE KONSERVEERIMISEST TÄNAPÄEVA PRAKTIKATENI

Selle peatüki esimeses pooles toon näiteid kunstiteoste konserveerimise ja restaureerimise ajaloost. Teises pooles keskendun lõuendimaalidele, lõuendikangastele ja nende konserveerimiseks kasutatud liimidele.

Lõuendimaali ajalugu on rikkalik ja mitmekesine ning hõlmab mitmeid tavasid ja lähenemisviise kunstiteoste säilitamisel ja taastamisel. Ladinakeelsed terminid "*reficere*", "*instaurare*" ja "*renovare*" ei tähenda ainult taastamist, vaid pigem uuesti leidmist või "uuesti tegemist" ning sellist kunstiobjektide töötlemist võib märgata juba varasematel aegadel, sealhulgas keskajal.

Keskajal kasutati antiikseid fragmente sageli uuesti, andes neile uut tähendust ja kohandades neid vastavalt uutele kunstilistele või religioossetele vajadustele. Näiteks mainitakse Livia pea¹ kasutamist Herimankreuzis Kölnis üheksanda sajandi, kus see omandas uue tähenduse Päästja pea (ing *head of the Redeemer*) kujul, viidates Rooma minevikule ja paganluse asendamisele kristliku usuga (pilt 1).



Pilt 1. Livia pea. Foto: Marie-Lan Nguyen

¹ Livia Drusilla, sündinud 58 eKr, abiellus Octavianusega 38 eKr. Vaatamata Rooma patriarhaalsele ühiskonnale saavutas ta režiimis silmapaistvuse, saades esimeseks surelikuks naiseks, keda Rooma kunstis sageli kujutatakse. Kui Rooma naisi kujutati kujudes harva, siis Livial oli 88 skulptuurikujutust, mis olid sageli seotud meessoost pereliikmetega. Tema kujud püstitati üle impeeriumi ja ta sai valitsemisajal üha silmapaistvamaks.

Roman History 31 BC – AD 117 veebileht. [WWW] <https://lingid.ee/pBkAI> (Kasutatud 14.05.2024).



Pilt 2. Tiberiuse pea. © The Trustees of the British Museum

Sarnaselt kohandati Tiberiuse² pea 1581. aastal uue, rikkaliku ja kaunistatud kullatud raamiga Antonio da Faenza³ poolt. Kuigi seda võidi tõlgendada ja kohelda rohkemal või vähemal määral austustväärivana, lähtuti ikkagi sellel kujutatud isikust. Sellisel viisil täiendatud kuju tõestas antiikmaailma olemasolu, mis võib olla küll eeskujuks, kuid mida pole enam võimalik taastada (pilt 2). Taastamine saab ainult tõsta esile ikonograafilisi või vormilisi väärtusi fragmendile, mis on iseenesest kunstiline või ajalooline haruldus. Keskaja lõpust pärinevate altarimaalide

juures võime näha tervet rida kohandusi, uuendusi ja ülemaalinguid; nii näiteks võis maalitud paneelide hooldamisel olla kunstnikul raske hoiduda mõne ülemaalingu tegemisest, võib-olla selleks, et elavdada värve, mida puhastamine ei olnud piisavalt elavdanud, või tuua maali ikonograafiliselt vastavusse kaasaegse maitsega.

² Rooma keiser aastatel 14 kuni 37 pkr. Asus troonile peale oma kasuisa Augustust (tuntud ka kui Octavian), kes oli esimene Rooma keiser. Tiberius sündis Roomas aastal 42 eKr Rooma poliitiku Tiberius Claudius Nero ja tema naise Livia Drusilla peres.

Britannica veebileht. [WWW] <https://www.britannica.com/> (Kasutatud 14.05.2024).

³ Kuigi säilinud on dokumendid, mis kirjeldavad Antonio Gentili (s. Faenza, 1519 – s. Rooma, 29. oktoober 1609) lugematuid objekte, mis on loodud ajastu paavstluse, kirikute ja eliidi patroonide jaoks, on neid säilinud vähe ja veel vähem võib pidada tema enda loominguks, kuna ta armastas koostööd teha.

Renaissance Bronze veebileht. [WWW] <https://lingid.ee/HAiWY> (Kasutatud 14.05.2024).

Näiteks avastati Coppo di Marcovaldo maali “Madonna ja laps Orvietost”⁴ hiljutise taastamise käigus, et pead olid täielikult ülemaalitud ilmselt tulekahju tagajärjel tekkinud kahjustuste tõttu. Tundub, et ülemaaling tehti 13. sajandi viimastel aastatel kunstniku poolt, kes oli näinud Cimabue⁵ tööd. Ülemaalingu olemasolu on võimalik tuvastada eriti Madonna kaelas, mille suletud, harmooniline kontuur meenutab kreeka vaasi, ning romaani stiilis krooni lopsakates lehtedes (pilt 3).



Pilt 3. Madonna ja laps Orvietost. Coppo di Marcovaldo, Public domain, Wikimedia Commons

Kõige pühamad paneelmaalid võisid olla mitu korda ülemaalitud, nagu Püha Dominicu poolpikkuses figuur Fogg'i kunstimuuseumis (Cambridge, Massachusetts), mis on fragment Sienast pärit teosest, mis maaliti mitte kaua pärast pühaku

kanoniseerimist 1233. aastal. Esimene ülemaaling pea osas pärineb umbes 1260. aasta järgsest kümnendist, samas kui kolmas (mis moodustab praeguse pildi) maaliti umbes

⁴ Coppo di Marcovaldo (umbes 1225 – u 1276) oli 13. sajandi keskel tegutsenud Firenze Itaalia-Bütsantsi stiilis maalikunstnik, kelle nii itaalia kui ka bütsantsi stiilide sulandumisel oli suur mõju Itaalia kunstnike põlvkondadele. Madonna del Bordone/ Madonna ja laps Orvietost on ainus säilinud dokumenteeritud Coppo teos ja arvatakse, et tema allkiri ja kuupäev olid maalil veel näha umbes 1625. aastal. Britannica veebileht. [WWW] <https://www.britannica.com/> (Kasutatud 14.05.2024).

⁵ Cimabue (s enne 1251 – s 1302) oli maali-mosaiigikunstnik, viimane suur Itaalia kunstnik bütsantsi stiilis, mis oli Itaalias varakeskaegses maalikunstis domineerinud. Tema säilinud teoste hulgas on Uue Testamendi stseenide freskod Assisi S. Francesco ülemises kirikus; Sta. Trinità Madonna (umbes 1290); ja Madonna troonil koos Püha Franciscusega (umbes 1290–1295). (Britannica veebileht, kasutatud 14.05.2024)

kakskümmend aastat hiljem ja selle võib omistada Guido da Sienale⁶. Käsi on ülemaalitud vähemalt üks kord ning isegi tuunika on mingil hetkel uuendatud; lõpuks tundub, et kuldsed kiirgused on neljateistkümnenda sajandi päritolu muljutud kaunistused. Vasari⁷ nägi maalide restaureerimist väga negatiivses valguses, tuues esile restaureerimiste autoritena kunstnikke, kes olid pigem kahjustanud kui aidanud kunstiteoseid. Samuti rõhutas ta ülevärvimise negatiivseid külgi, väites, et see võib kaotada originaalteose meisterlikud puudutused ja värskuse. Vasari enda tehtud restaureerimistööd tõstavad esile tema austust ja hoolt kunstiteoste säilitamise ja restaureerimise vastu, eriti võib seda esile tuua Arezzo koguduse kiriku näitel. Ta näitab, kuidas restaureerimine võib olla kultuuriline ja religioosne kohustus ning kuidas see võib anda kunstiteosele uue elu. (Conti, 2007)

Kunsti restaureerimise algust ei saa täpselt määratleda kindla ajahetkega. Vähemalt juba antiikajast on teada, et inimesed parandasid rikutud või kahjustatud esemeid ning ka kunstiteoseid. Kujutava kunsti valdkonnas seostatakse varaseid restaureerimiskatseid tavaliselt kunstnikega. Anabel Thomas märkis, et on üsna haruldane leida vararenessansi ajast pärinevatest kirjutistest sõna *restaurare* (taastada või parandada), samal ajal kui termin *accondatura* (tuunimine) on jätkuvalt dokumenteeritud. Lisaks mainis Thomas maalikunstnikke, kes tegelesid *accondatura* või *rinfricare* (värskendamine) töödega, näiteks Bartolo di Fredi, kes 1375. aastal maalis uuesti ja värskendas Cappella della Piazza lampi Sienas, Jacopo del Sellaio, kes 1473. aastal värskendas ja puhastas Via de'Bardi S. Lucia de'Magnoli kirikusse kuulunud St Lucy figuuri ja Giovanni, kes 1405. aastal teostas *rifiorire*⁸ tõrvikutel, mis kuuluvad S. Frediano la Bruciata nimelisele ilmalikule ettevõttele. (viidatud Abdeldayem 2010 kaudu)

Tuntud prantsuse arhitekt ja restauraator ning restaureerimisteoreetik Eugène Viollet-le-Duc⁹ selgitab, et ladina terminid "*reficere*", "*instaurare*" ja "*renovare*" ei tähenda

⁶ Guido da Siena (13. sajandil aktiivne) oli üks esimesi Itaalia maalikunstnikke, kes murdis sajanditepikkuseid Bütsantsi maalikunsti traditsioone, nagu range kompositsiooniline tasakaal ja esiküljele orienteeritus. Kuigi tema töö täpne ajastamine pole kindlaks tehtud, on ilmne, et ta töi 13. sajandi Itaalia maalikunsti rohkem spontaanseid žeste ja stseene inimlikust õrnusest, aidates sellega kaasa emotsionaalsele gooti maalikunstile, mis hiljem Itaalias aktsepteeriti.

Britannica veebileht. [WWW] <https://www.britannica.com/> (Kasutatud 14.05.2024).

⁷ Giorgio Vasari (30. juuli 1511– 27. juuni 1574) oli itaalia maalikunstnik, arhitekt ja kirjanik, kes on tuntud Itaalia renessansikunstnike elulugude kirjutajana. (Britannica veebileht, kasutatud 14.05.2024)

⁸ Uuesti õitsema; selles kontekstis tähendab see sõna ilmselt taaselustamist

⁹ Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc (27. jaanuar 1814 – 17. september 1879) oli Prantsuse uusgootika arhitekt, Prantsuse keskaegsete hoonete restauraator ja kirjanik, kes kirjutas hulgaliselt teoseid arhitektuurist, sisekujundusest, mööblidisainist, arheoloogiast ja muust. Restaureeris koos Jean-Baptiste Lassusega Pariisi Notre-Dame. (Britannica veebileht, kasutatud 15.05.2024)

taastamist, vaid pigem uuesti leidmist või uuesti tegemist. Ta märgib, et nii mõiste kui ka praktika (restaureerimine) on kaasaegsed. Ta järeldeb, et Plinius Vanemalt¹⁰ pärit kirjeldused erinevatest sündmustest ja seiklustest, mis on seotud kuulsate kunstiteoste säilitamisega, on kooskõlas tema enda seisukohtadega. Allikad viitavad pigem sellele, et kunstiteoseid peeti rohkem meelelahutuslikeks vahenditeks kui kultuurilisteks sõnumiteks. Origenes¹¹ võrdleb oma kolmeteistkümnendas jutluses Moosese raamatu kohta inimest Jumala poolt maalitud pildiga, millele inimene on seejärel maalinud maise pildi koos oma pattudega, mis nagu värvid, peidavad algset maali. See näitab, et maale korrastati juba ammustel aegadel sobivate ülemaalingute tegemisega. Icoonide säilitamise tava ülemaalinguga, austades pildi ikonograafiat, näitab meile kõige tavalisemat meetodit pildi säilitamiseks. Origeni antud näide viitab, et sel ajal oli see tava piisavalt levinud, et ta saaks seda kasutada kergesti arusaadava moraaliõpetuse näitena. Veelgi olulisem on konserveerimise idee, mis tuleneb Origenese võrdlusest algse, Jumala poolt loodud kujutisega ja selle ülemaalingust, mida on teinud inimene oma pattudega. See võimaldab selgitada kontseptsiooni, mis on tänapäevani jäänud keskseks restaureerimisideaaliks ning mis tuleneb nii Piibli Eedeni aia, kui ka iidsest kuldajastu müüdist, nimelt tagasipöördumine algse, praegusest täiuslikumasse seisundisse. Selle idee sügavad juured nii mütoloogias kui ka lääne religioosses traditsioonis võimaldavad meil mõista (ja seda võime igapäevaselt jälgida), kui ohtlikuks see käsitlus võib muutuda, kui taastamisele lähenetakse piisavalt kriitilise vaimuga. Selle tõttu kiputakse ignoreerima materjalide loomulikkude vananemist ning proovitakse pöörduda tagasi algse seisundi (*ripristino*) juurde, vaatamata sellele, et see kahjustab restaureeritavat objekti. (Conti, 2007)

Meie ajani säilinud varaseimad paneelmaalid pärinevad 12. sajandist. Veelgi varasemaid teadmisi maalide valmistusviiside ja säilituskontekstide kohta pakuvad kirjalikud allikad. Vaatamata ajalisele lõhele pakuvad keskaegsed allikad rikkalikult tehnilisi üksikasju töökoja praktikate kohta. Need allikad on peamiselt kahte tüüpi: "retseptiraamatud", mis sisaldavad juhiseid, soovitusi ja retsepte, ning õiguslikud või finantsdokumendid, nagu gildi määrused, lepingud ja kontod. (Stoner 2012: 7) Oma uurimuses lõuendite kasutamise,

¹⁰ Plinius Vanem (23–79 pKr) oli Rooma teadlane ja ebaühtlase täpsusega entsüklopeedilise teose "Looduslugu", mis oli kuni keskajani teadusküsimustes autoriteet, autor. Britannica veebileht. [WWW] <https://www.britannica.com/> (Kasutatud 15.05.2024).

¹¹ Origenes (umbes 185–u 254) oli varase Kreeka kiriku tähtsaim teoloog ja piibliteadlane. Tema suurim teos on Hexapla, mis käsitleb võrdlevalt Vana Testamendi kuut tõlkeversiooni. (Britannica veebileht, kasutatud 15.05.2024)

päritolu ja trendide kohta Lääne lõuendmaalidel tugines Stoner erinevatele allikatele, nagu avaldatud artiklid ja raamatud, konserveerimisdokumendid, kunstnike intervjuud ja isiklikud tähelepanekud. Mõned kunstnikud valisid konkreetseid kangaid, et imiteerida möödunud ajastuid või saavutada soovitud tekstuure. Konserveerimisdokumentatsioonid on andmete hulga poolest väga erinevad ja see muudab keeruliseks info kogumise maalialuste seisukorra kohta. Sobivate materjalide kättesaadavust on ajalooliselt mõjutanud majanduslikud ja poliitilised tegurid. Kõige sagedamini kasutatakse maalialusena linast ja puuvillast kangast. Lisaks on kasutatud ka kanepist, siidist ja hiljem ka sünteetilisest kiududest valmistatud kangaid. Esimesed lõuendil maalid pärinevad 15. sajandi keskpaigast. 16. sajandil asendasid tekstiilist maalialused tasapisi puitpaneelidel maale. Alates 18. sajandist domineeris juba täielikult lõuendil maal. Sõjad on aeg-ajalt mõjutanud materjalivarusid, pannes kunstnikud tegema pragmaatilisi valikuid kättesaadavuse ja taskukohasuse alusel. Kahekümnenda sajandi keskel hakkasid kunstnikud lisaks traditsioonilisele kasutamisele katsetama ka maalialuste sümboolsete ja füüsiliste rollidega. (Stoner, 2012: 116)

Alternatiivide puudumisel töödeldi kuni 20. sajandi alguseni nõrgenenud või kahjustatud lõuendaluseid kanga lappimise, servade lisamise, kanga leotamise või maali dubleerimise teel. Dubleerimine oli levinud meetod igat tüüpi kahjustuste parandamiseks, olgu need suured või väiksemad. Kortsud, rebendid; hävinud, ebapiisavad (nt liiga kitsad) või katkenud venitusservad; haprad lõuendid, kupud, lõhed jne vähendati või kõrvaldati dubleerimise abil. Viimasel ajal on üha kriitilisem suhtumine dubleerimisse koos kaasaegsete sünteetiliste liimide avastamisega maalide restaureerimiseks toonud kaasa muutuse tekstiilaluste käsitlemises. Tekstiilalustel maalidel esinevate rebendite ja kadude parandamiseks kasutatakse erinevaid tehnikaid. Knut Nicolausi raamatus “The Restoration of Paintings” (1999) on üks soovitus kasutada voolimissavi, et täita rebend verso (tagumisest) küljest, tekitades kerge kühmu, et hõlbustada niitide korrastamist. Järgneb stabiliseerimine Jaapani paberiga, vajadusel eemaldatakse liigne (lõuendi)riie. Suuremate rebendite korral võib proovida lõuendit uuesti pingutada, kuigi see võib ohustada värvikihti. Seejärel kasutatakse kahjustatud ala stabiliseerimiseks lõuendiplaastreid/ paikasid, mis sobivad võimalikult täpselt esialgse lõuendi riidega. Ajaloolised meetodid hõlmavad sageli jahukliistriga liimimist, samas kasutatakse ka tänapäevaseid liime, nagu PVA dispersioone või Beva 371. Paikade suurust ja kuju kaalutakse hoolikalt, kuna

parandustükk on ikkagi võõrkeha, mis võib hakata pärast pinguldamist mängima. Üldiselt on eesmärk parandada rebendeid ja kadusid minimeerides samal ajal kunstiteose edasist kahjustumist.

Rebendite õmblemine hõlmab Beltingeri¹² poolt 1992. aastal välja pakutud meetodit, mille puhul kasutatakse tekstiilalusel olevate rebendite sulgemiseks nõela ja niiti. Verso kaitse või täisdubleering hõlmab kaitsekihi kandmist kanga tagaküljele kas otse või kaudselt, et kaitsta seda keskkonnategurite nagu niiskus, kuumus ja mehaanilised pinged, eest. Ribadubleering (ka äärte dubleering) on teine tehnika, mida kasutatakse maali venitava serva laiendamiseks või uue serva lisamiseks. See hõlmab laiema lõuendiriba liimimist tekstiili taha või peale, eriti kui venitusserv on kitsas või ebastabiilne. Lõuendiribad, mis tavaliselt sobivad originaaliga, liimitakse erinevate liimidega nagu Beva 371 või Plectol D541.

Vaha-vaigu dubleerimine on meetod, kus tekstiilist maalialus ja dubleerimiseks kasutatav kangas liimitakse kokku vaha ja vaigu seguga. See tehnika on olnud kasutusel alates 1920. aastate lõpust ja 1930. aastate algusest. Protsess hõlmab mesilasvaha sulatamist ja vaikude, palsamite ja muude koostisosade lisamist dubleerimise segu valmistamiseks. Ajapikku vähenes segu koostises olevate vaikude ja palsamite osakaal ning mõnel juhul kasutati ainult mesilasvaha. Vaha-vaigu segu kantakse nii dubleerimise lõuendile kui ka originaallõuendile ning surutakse need kaks tükki kokku triikrauaga kuumutus-/vaakumlaua või madalsurvelaua.

Arvatavasti Venemaalt pärit dubleerimisel tuurakala liimiga kasutatakse elastset glutoliini liimi, mis on valmistatud tuura ujupõitest. Protsess hõlmab värvikihi katmist tuuraliimi, mee ja veega segatud lahusega ning seejärel siidipaberi kinnitamist. Pärast kuivamist kinnitatakse maal paberiribadega tööraami külge ning külgpind kaetakse tuuraliimi, mee ja

¹² Karoline Beltinger- Läbis aastatel 1983–1984 esialgse restaureerimispraktika Heroldsbergis (DE) ja õppis aastatel 1984–1987 Berni Kõrgemas Disainikoolis konserveerimist ja restaureerimist, lisaks praktikale Würzburgis, Genfis ja Canterburys (GB). Lõpetas 1987. Töötas 1988–1992 Amsterdamis SKRA-s restauraatorina ja New York Conservation Associatesis külalisrestauraatorina. Juhtis aastatel 1992–1994 SKRA-t ja töötas aastatel 1994–1998 Baseli ajaloomuuseumi pearestauraatorina. Alates 1998. aastast SIK-ISEA kunstitehnoloogia osakonna juhataja ja instituudi juhtkonna liige. Asutas 2007. aastal SIK-ISEA sarja KUNSTmaterial ja juhtis kunstitehnoloogia uurimisprojekte selliste kunstnike kohta nagu Ferdinand Hodler, Cuno Amiet ja Hans Emmenegger, keskendudes tempera kasutamisele maalikunstis umbes 1900. aastal.

SIK ISEA veebileht. [WWW] <https://lingid.ee/ChJzq> (Kasutatud 17.05.2024).

vee lahusega. Seda lahust kantakse ka dubleerimise lõuendile enne lõpliku dubleerimise pealekandmist. Kui maal on kuivanud, viiakse dubleerimisprotsess lõpule triikimisega.

Isolatsioonitehnikaid kasutati, et vältida dubleerimismaterjalide paistmist läbi tekstiilist tugikanga või dubleerimismaterjali. Isolatsiooniks ja tihendamiseks kasutati peamiselt veepõhiseid sünteetilisi liime ja lahustipõhiseid liime. Kuiv dublaaž, kus kangas venitatakse enne alusraamile kinnitamist esialgse tekstiilaluse taha, pakkus täiendavat tuge ja kaudset kaitset. Ääre dubleerimine keskendus ainult tekstiiltugede servade liimimisele lõuendalusele, mis pikendas maali eluiga. Dubleering, kus tekstiiltugede tagaküljele liimitakse aluskangast tükk, oli tavaline praktika, kui tugi ei suutnud enam maalikihti stabiliseerida või lahendada muid probleeme, nagu lõhenemine või longus.

Kaasaegsed dubleerimistehnikad jagunevad järgmiselt:

Soojendusega pihustuspüstolid - need tööriistad on muutnud liimide pealekandmise taastamisprotsessis tõhusamaks. võrreldes traditsiooniliste meetoditega nagu pintsliid või spaatlid.

Sandwich-meetod - see tehnikatüüp hõlmab vahekihi lisamist dubleerimiskanga ja originaalkanga vahele, et pakkuda täiendavat tuge ja vältida kangaste kulumist. Selleks võib kasutada materjale nagu klaaskiudkangas, Jaapani paber või happevaba paber.

Ülekandmismeetod - selles meetodis kantakse tekstiilaluses õhuke kleepkile, mis on eelnevalt triigitud kandlehelt, et vähendada vee või lahusti sattumise ohtu pildikihti.

Kuumavee dubleerimine suureformaadiliste maalide jaoks - see meetod, mis pakuti välja 1975. aastal, kasutab negatiivset rõhku, mis sarnaneb kuumutus/vaakumlauaga, kuid vaha-vaigukihi pehmendamiseks lisatakse sooja vett dubleerimiskangale ja originaaltoele.

Kuumutamine kuuma lauaga - restauraatorid saavad kasutada termostaadiga kuuma lauda ja termomeetrit, et jälgida täpselt soojust, mis rakendatakse dubleerimisprotsessi ajal. See tagab vaha-vaigu segu ühtlase pehmenemise ilma maali kahjustamata.

Vaakumiga dubleerimine - maali ümber asetatakse kangaribad, mis on ühendatud vaakumdüüsidega, et tagada alarõhu ühtlane jaotumine dubleerimisprotsessi ajal. See aitab vältida vaha-vaigukihi ebakorrapärasuste mõju maali esiküljele. (Nicolaus, 1999: 80-130)

Õlimaali lõuendite struktuurne ravi on suureks mureks maalikonserveerijatele. Minevikus oli teise lõuendi kinnitamine hapralt originaalile levinud praktika. Sedasi tugevdamist nimetati dubleerimiseks. Kuid viimastel aastatel on dubleerimise vajalikkus kahtluse alla seatud ja selle puudusi dokumenteeritud. On toimunud suur arvamuse muutus, mis tuleneb kaasaegse conserveerimise suhtumisest, mis rõhutab suuremat tähelepanu lõuendi algse seisundi ja sellele kantud värvikihi säilitamisele. Need suhtumised tulenevad osaliselt akadeemilisest haridusest, mida konservaatorid tänapäeval saavad. See on suures osas asendanud õpipoisi koolituse, mis kippus kordama samu vanu (conserveerimis)võtteid. Tänapäeval on kasutusele võetud vähem sekkuv lähenemisviis. Kuid see lähenemisviis sõltub palju teadusuuringute täpsusest ja asjakohasusest. Selle teadmise rakendamine conserveerimispraktikas tekitab jätkuvat dialoogi conserveerimise eesmärkidest, esteetikast ja eetikast. (Hackney, 2004)

Süntheetiliste materjalide kasutamine maalide conserveerimisel on märkimisväärselt suurenenud, eriti dubleerimise ja kinnitamise protsessides. Traditsiooniliselt kasutatud meetodid, nagu loomsete liimide, näiteks liimi/pasta või mesilasvaha-vaikude, kasutamine olid aga seotud mitmete puudustega nagu haprus, tumenemine ja tagasipöördumise keerukus. Süntheetiliste materjalide uurimine sai alguse 20. sajandi keskel. Üks esimesi oli polüvinüülatsetaat (PVA), mis hoolimata algsetest ebaõnnestumistest ja skeptilisusest sai laialdaselt kasutatavaks. Märkatav edasimineku toimus Gustave Bergeri poolt etüleen-vinüülatsetaat-kopolümeeril põhineva liimi Beva (Beva 371) tutvustamisega. Beva lahendas traditsiooniliste meetoditega seotud probleeme, nagu plekkide tekkimine ja läbiimbumine, ning sai populaarsuse tänu oma mitmekülgsusele. Conserveerimismeetodite uuendajad Kristin Hermann ja Bernard Rabin eksperimenteerisid samuti süntheetiliste materjalidega, pakkudes variatsioone ja täiustusi. Vishwa Mehra ja teised uurisid külm-dubleerimise süsteeme, kasutades akrüülemulsioone nagu Plextol B-500¹³. Mehra meetodi eeliseks oli kuumutamise ja vaakumi puudumine liimimisprotsessis, mis omakorda vähendas maalide kahjustumise riski. Sarnaselt arendasid Arthur Ketnath ja Bent Hacke liimi, mida ei peaks kinnitamiseks kuumutama, Plextol B-360¹⁴, pakkudes alternatiive traditsioonilistele meetoditele. Need uuendused tõid kaasa erinevaid dubleerimistehnikaid, millel on omad eelised ja piirangud. Vaatamata erinevustele on neil

¹³ Vesidispersioon kopolümeerist, mis põhineb etüülatsetaadil ja metüülmetakrülaadil. Termoplastiline, kõrge läbipaistvusega, kõrge valguskindlusega. Hea seebistumise- ja ilmastikukindlus.

¹⁴ Termoplastse akrüülpolümeeri vesiemulsioon.

meetoditel ühine eesmärk pakkuda pöörduvaid, minimaalselt invasiivseid lahendusi, mis on kohandatud iga maali ainulaadsetele omadustele ja konserveerimisnõuetele. Siiski jääb sünteetiliste materjalide põhjalik testimine probleemiks. Kuigi üksikud teadlased on hinnanud oma meetodeid, on vaja täiendavat objektiivset testimist nende efektiivsuse ja pikaajaliste mõjude hindamiseks. Lõppkokkuvõttes peaksid materjalide ja meetodite valik tuginema hoolikale kaalumisele ning arvestama iga töödeldava maali omaduste ja konserveerimisnõuetega. (Bria, 1986)

Paljud paberi või tekstiilide konserveerimisel harilikult kasutatavad tehnikad ei ole rakendatavad maalide restaureerimisel või neid saab vaid raskustega kohandada. Näiteks pingutamist, tugiõmbluseid ja kangaga taustamist ei saa maalide konserveerimisel efektiivselt rakendada keeruliste pingetingimuste ja suurte tõmbetugevuste tõttu. Seega tuleb rebendite parandamisel tagada nende stabiilsus. Tehnikate ja liimide osas on praktikutel erinevad vaated ning kõik praegused restaureerijad ei pruugi olla kursis viimaste uurimistulemustega. Selle tulemusena parandatakse lõuendil sageli rebendeid ja torkeid erinevate kangastega, mis viib maali struktuuri aja jooksul muutusteni. Nõuetekohase säilitamise tagamiseks peaksid restaureerijad kasutama kaasaegseid meetodeid ja materjale. Fookus on lõuendil olevate rebendite ja torgete parandamisel, kasutades polüvinüülatsetaatide (PVAC) modifitseeritud vesilahustuvaid homo- ja kopolümeerseid PVAC-dispersioone. Protsess hõlmab rebendite keevitamist kuumnõelaga ja õmblemist paksude niitidega, mis ei nõua liimi kasutamist. Rebenemiste parandamine ei ole tegelikult uus tehnoloogia. Kudrjajtsev kirjutas juba 1945. aastal sekkumistest, mis olid piiratud kahjustatud piirkonnaga. (Eipper 2020: 61)

Pärast Teist maailmasõda said sünteetilised vaigud kättesaadavaks keemiatööstuse arengu tulemusel. Koos traditsiooniliste looduslike liimidega nagu želatiinid, kummid ja vaigud tulid turule ka sünteetilised värvid ja liimid, mis valgusid kiiresti kunstimaailma, ning see trend on jätkunud. Tehnikad nagu imitatsioonlauad, kuumtõõlauad ja niisutussüsteemid võeti kiiresti kasutusele koos sünteetiliste vaigudega erinevate maaliprobleemide lahendamiseks. Kuigi sünteetiliste liimide ilmsed eelised on silmapaistvad, tekitab nende laialdane kasutamine maali stabiilsusele olulisi struktuurilisi tagajärgi, kuna need põhjustavad pöördumatuid muutusi. Igal liimil on unikaalsed kleepuvad ja koherentsed omadused, mida mõjutavad tegurid nagu mikrostruktuur ja pinnakarakteristikud.

Koherentsus liimides tuleneb keerukast keemiliste sidemete, ristlinkide ja molekulaarsete interaktsioonide koosmõjust. (Rogala 2019: 15) Tänapäeval on konserveerijatel juurdepääs erinevatele sünteetilistele valikutele, mille kasutatavus ja edasiareng on veel tõusul. Küll aga on sünteetiliste liimide kasutamine piisavalt uus, et nende tagajärgi, kas siis häid või halbu, saab näha mitmekümne aasta pärast.

Selles peatükis andsin ülevaate kunsti konserveerimise ajaloost, mis oma algusaastatel kandis tänapäeva mõistes nime restaureerimine. Seda seetõttu, et varasemalt peeti tähtsamaks kunstiteose (skulptuuri, ikooni, paneelmaali jne.) algset tähendust ja rolli, mitte kunstniku loomingut. Katkisi osi uuesti, et anda neile uus elu kus uuel kujul saavad esemed oma ülesannet või sõnumit edasi anda. Rohkelt tehti ka ülemaalinguid. Tänapäeval aga on suhtumine muutunud ning konserveerimise (ja restaureerimise) eesmärk on säilitada töö autori algset loomingut võimalikult vähese sekkumisega.

2. MAALIDE LÕUENDIPARANDUSTE TEGEMISEL KASUTATAVAD LIIMID

Selles peatükis kirjeldan küsitlusega hõlmatud liime, et järgnevates peatükkides räägitavad liimid oleks tuttavad. Liimid jagunevad kolme põhigruppi: loomsed, sünteetilised ja taimsed. Loomsetest liimidest ehk kõige tuntum on kunstivaldkonnas, näiteks lõuendi kruntimisel, jänesenaha liim ning konserveerimisel kalaliim, tuntud ka kui *isinglass*. Sünteetilisest liimidest toon välja kõigile tuntud PVA liimi, mis oli esimene konserveerimisel kasutatud sünteetiline liim ning Gustav Bergeri loodud Beva, mis on esimene spetsiaalselt konserveerimiseks loodud liim. Taimseid tähtsiliime kasutatakse peamiselt paberi liimimisel ning sideainena liimide segudes.

2.1. Loomsed liimid

Loomsed liimid on looduslikud polümeerid, mis pärinevad imetajate või kalade kollageenist – naha, sidekoe, kõhre ja luude peamisest struktuurvalgust. (Ntasi jt, 2022) Loomne liim saadakse kollageeni hüdrolüüsil. Naha- ja kondiliimid moodustavad kaks peamist kollageenliimi tüüpi. Neist kahest oma omaduste poolest parem nahaliim annab lahuses suhteliselt neutraalse pH, tavaliselt vahemikus 6,5–7,4, kuigi on võimalikud ka suuremad variatsioonid. Kondiliim on üldiselt happeline, selle pH väärtused on 5,8–6,3. Kõrge happesusega liim imab vähem vett ja kipub tarduma aeglasemalt kui madala happesusega liim. Loomne liim lahustub vees, aga ei lahustu õlides, rasvades, alkoholides ja muudes orgaanilistes lahustites. Külma vette asetades imab liim vett ja paisub, moodustades geeli. Kuumutamisel liim lahustub, moodustades lahuse. Lahuse jahutamisel moodustab liim taas elastse geeli. See omadus on termiliselt pöörduv ja kuumutamisel geel vedeldub. Loomse liimi lahuse geelistumis- või sulamistemperatuur võib varieeruda madalamast toatemperatuurist kuni üle 48,9°C, olenevalt liimitüübist, kontsentratsioonist ja lisandite olemasolust. (Natural Pigments koduleht)

Loomsete liimide füüsikalised, keemilised ja mehaanilised omadused sõltuvad tooraine päritolust ja liimi valmistusviisist. Kunstiteoste loomisel eksisteerib ulatuslik traditsiooniline teadmine selle kohta, millised loomsed liimid on konkreetsetel eesmärkidel kõige sobivamad. Siiski võib konserveerijatel objektide konserveerimisel mõnikord puududa kindlus teadlike valikute tegemiseks erinevate kollageenipõhiste liimide vahel.

On saadaval mitmeid tööstuslikult valmistatud külmuivatatud loomliime, millel on muudetud omadused ja pikk säilivusaeg. Need liimid sisaldavad tavaliselt lisandeid, mis muudavad nende loomuliku käitumist, pikendades tööaega toatemperatuuril või vähendades biolagunemise kalduvust ning vähendades kuivatatud kile tundlikkust niiskuse suhtes. Siiski võib tööstuslikult kohandatud kollageenist saadud liimide täpset koostist ja üldist jõudlust olla raske hinnata, kuna tootjad hoiavad oma retsepte tavaliselt saladuses. Lisaks ei ole konserveerimisnõuded, nagu pikaajaline stabiilsus ja lahustuvus, kaubatootjate jaoks prioriteediks. Arvestades tööstusliku liimikoostise võimalikke lisandeid, esindavad minimaalselt muudetud liimid säilitamiseks ohutumat valikut. (Schellmann, 2007: 55)

Želatiin - peaaegu puhas kollageen, mis on loomse päritoluga liimaine. Želatiini saadakse loomade nahkade, kontide, sarvede ja sõrgade keetmise teel ning ta on väga heade liimivate omadustega. Želatiin laguneb kõrge temperatuuri ja õhuniiskuse toimel. (Konsa, 2008)

Jänesenaha liim - nagu nimi viitab, peaks jänesenaha liim olema valmistatud ainult jäneste nahkadest, aga samuti võib selles kasutada ka erinevate väikeste imetajate kollageenseid jäätmeid. Üldiselt eeldatakse, et enamikul loomsetest liimidest on sees mingi osa säilitusaineid (näiteks vääveldioksiidi). Isegi jänesenahas, mis on karusnahatööstuse kõrvalsaadusena kuubikuteks kokku surutud ning kommertslikult müügil ka toorvormis, ja seetõttu tavaliselt peetud puhtaks ehk ilma lisaaineteta, on hiljuti leitud säilitusaineid. (Schellmann, 2007)

Jänesenaha liimi kasutatakse traditsioonilistes puidutöötlemis-, kuldamis- ja värvimistehnikates. Esmalt vees leotatud ja seejärel veevannis kuumutatuna kantakse lahus peale soojalt, jahtumisel see geelistub. Maali- ja kuldamistehnikates kasutatakse seda lõuendi ja tahvlite kruntimiseks, traditsiooniliste gesso valmistamise retseptides ja liimvärvides. Esialgu hoitakse nahku üks kuni kolm kuud lubja süvendis (*lime slurry pit*) lubjaga kõvenemiseks (*lime curing*). See protsess aitab lõdvendada nahkade kollageensidemeid, nii et neid saab kergesti ekstraheerida. Pärast lubjaga kõvenemist pestakse nahkasid mitu korda, et eemaldada liigne lubi ja ekstraheeritakse liim keevas vees. Seejärel ekstraheeritud liim kontsentreeritakse aurusti abil. Kontsentreeritud liim

kuivatatakse trummelkuivatites ja pulbristatakse lõplikuks pakkimiseks. (Natural Pigments koduleht)

Smithsonian Conservation Lab'i sõnul peetakse enamiku kaasaegsete konservaatrite hulgas jänesenaha liimi õlimaalide mõranemise peamiseks põhjuseks. Kuna liim on hügrokoopne, imab see atmosfäärist pidevalt niiskust, põhjustades liimi paisumist ja kokkutõmbumist, kui ümbritseva õhuniiskuse tase muutub. Paljude niiskustsüklite jooksul põhjustab see korduv paindumine rabeda õlivärvi pragunemise.

Kalaliim - olenevalt koostisest on kahte sorti kalaliimi.

Kalade peadest, luudest ja nahkadest valmistatud kalaliim ehk inglise keeles *fish glue* on ebapuhas želatiin (kollageen). Kalaliim on tuntud kui lisandväärtusega toode kalatöötlemise kõrvalsaadustest. (Akter jt, 2017) Mitteõlist tüüpi kalade nahad, luud ning uimed on toormaterjaliks kalaliimide tootmisel, mida müüakse vedelal kujul. (Schellmann, 2007)

Teine kalaliim, inglise keeles *sturgeon glue* või *isinglass*, on samamoodi kalaželatiini toode, ent see on toodetud teatud kalaliikide ujupõitest. *Isinglass*'i kvaliteet sõltub valitud kalaliigist, tootmisprotsessist ja lisanditest. Kuna *isinglass*'i on Venemaal kasutatud sajandeid, töötati välja selle valmistamise meetodid, et saada konserveerimiseks sobiv ülimalt puhas toode. Parim tänapäeval toodetav *isinglass* on niinimetatud vene *isinglass*, mis on valmistatud tuura ujupõiest. (Petukhova 1898) Kalaliim valmistatakse tuurakala ujupõie kuivatatud sisemembraanist, mida leotatakse vees mitmest tunnist kuni ühe ööpäevani. Seejärel keedetakse umbes 60°C temperatuuril kuni lahustumiseni ning kurnatakse läbi marli või riide. Parima kleepuvuse saavutamiseks tuleks vältida ülekeetmist ning valmistatud liimi tuleks kasutada kohe pärast valmistamist. (Merilain, 2009) Niisketes hoiutingimustes või veeavarii korral kalaliim paisub ja pundub ning kujuneb hallitusele soodsaks kasvukeskkonnaks. Seetõttu ei sobi kalaliimiga dubleerimine maalidele, mis peavad viibima pidevalt kliimaatiliselt halvasti kontrollitavas keskkonnas, näiteks kirikutes. Dubleerimisel kasutatavale kalaliimile lisatakse elastsuse ja kleepuvuse parandamiseks mett, kuid väga madala temperatuuri juures mesi kristalliseerub ning vastupidi suurendab dublaaži jäikust ja haprust. (Merilain, 2009)

Kondiliim - kondiliimid on jätkuvalt populaarsed puidu taastamises ja traditsioonilises puutöös ning mõnedes maalimistehnikates. (Kremer koduleht) Need saadakse kontide ja kõhrede hüdrolüüsimisel kuuma vee või auruga. Kondid puhastatakse lihast ja purustatakse ning seejärel hoitakse neid umbes nädal aega enne keetmist lubja- ja tuhalahuses. Keetmiseks kasutatakse suletud katelt, milles toimub auruga rõhu all kuumutamine. Kondiliimil on madalam sulamistemperatuur kui nahaliimil ning see omab nõrgalt happelist reaktsiooni, tavaliselt pH vahemikus 5,8–6,3. Kuna kondiliim on happelisem, imab see vähem vett ja tardub aeglasemalt, jäädes liimimisvõimelt nahaliimile alla. Kondiliimi nimetatakse ka maalri-, märg- ja vaadiliimiks ning seda müüakse graanulitena või plaadikestena. Liimi sordist sõltuvalt võib selle värvus varieeruda kollakaspruunist kuni tumepruunini, kusjuures heledam liim on üldjuhul kvaliteetsem. (Konsa, 2008) Maalimisel kasutatakse kondiliimi krundina lõuenditel ja plaatidel kui ka temperavärvide valmistamisel ning traditsioonilistes kuldamistehnikates. (Kremer veebileht)

2.2. Sünteetilised liimid

Konservaatorid on sünteetiliste materjalide kasutamist oluliselt suurendanud, eriti maalide dubleerimise ja kinnitamise valdkonnas. Alguses suhtusid konservaatorid sünteetilistesse materjalidesse skeptiliselt, kuid hiljem hakkasid neid laialdaselt kasutama. Sünteetiliste materjalide valik on oluliselt laienenud ja neid kasutatakse nüüd igas konserveerimisvaldkonnas. 18. sajandil hakati maalide dubleerimist laialdaselt kasutama. Selleks kasutatavad liimid olid enamasti vee baasil segud, mille koostises olid tavaliselt loomsed liimid, jahu, vaik ja Veneetsia tärpentin. Sel viisil dubleerimisel tekkis probleem tektiilaluse kokkutõmbumisega niiskuse tõttu ning liimid või pastad muutusid aja jooksul kõvaks ja hapraks, meelitades ligi hallituse kasvu ning muutudes raskesti eemaldatavaks. Selliseid liimi-/pastadublaaži meetodeid kasutatakse tänapäevalgi.

19. sajandil hakkasid kasutusele tulema mesilasvaha-vaigusegud, mida kasutati dubleerimiseks käsitsi triikimisel, et suruda kokku kaks lõuendit. Aastate jooksul on sellele meetodile tehtud mitmeid täiustusi, sealhulgas kuumlaudade (1946) ja vaakumrõhu (1955) kasutamine. Sellest ajast peale on vaha-vaigu dublaaž olnud domineeriv dubleerimismeetod Põhja-Ameerikas.

Süntetiliste vahade ja vaikude kasutamine maalide dubleerimisel algas 1950. aastate keskel, kui neid hakati kasutama traditsiooniliste mesilasvaha ja looduslike vaikude asemel. Sünteetiliste materjalide kasutamise eesmärk oli vähendada traditsioonilise vaha-vaigu segu tumenemiseefekte, kuna sünteetilised materjalid on värvi poolest heledamad. Lisaks võimaldasid pehmemad vahad vähendada vajalikku kuumust.

Lascaux Polyamide Textile Welding Powder 5350 - termoplastiline vaik, mida saab kasutada kuumliimina tekstiilidel ja nahkadel. Seda kasutatakse laialdaselt kunstiteoste konserveerimisel lõuendil olevate rebendite parandamiseks. Tõmbetugevus on enamikul juhtudel piisav. Kõige lihtsam viis selle kasutamiseks on kuumutatud spaatli otsa kastmine pulbri sisse ja seejärel sulanud polüamiidi pealekandmine. Teine meetod seisneb polüamiidi pulbri sulatamises triikraua abil kahe polüesterkile vahel, et saada umbes 1–2 mm paksune kate. Pärast jahtumist lõigatakse polüamiidi kiht väga õhukesteks ribadeks. Neid ribasid kasutatakse siis koos kuumutatud spaatlitega niitide kinnitamiseks. (IN SITU-Museum & Archive Services koduleht)

Lascaux® Acrylic Glue 498 HV - termoplastiline kopolümeer, mis koosneb butüülmetakrülaadi¹⁵ dispersioonist¹⁶. Seda saab veega lahjendada, kui see on vedel, kuid pärast kuivamist on see vees lahustumatu, aga jääb lahustuvaks atsetoonis, etanoolis, toluenis ja ksüleenis. Lascaux Akrüüllimil 498 HV on tugev venivus murdekohas ja see sobib märjaks ja kuivaks pealekandmiseks (uuesti aktiveeritav lahustitega). Minimaalne sulgemistemperatuur (st temperatuur mille juures liim kinnitub) on 68–76°C. (Conservation Supplies Australia koduleht)

Paraloid B-72 - varem tuntud kui Akrüloid B-72 Ameerika Ühendriikides (Feller 1972) koosneb metüülmetakrülaadi (70%) ja etüülakrülaadi (30%) kopolümeerist. On saadaval nii tahkel kujul graanulitena või 15% lahusena. (Kremer Pigment veebileht) Algselt oli Paraloid B-72 saadaval valgete ebakorrapäraste tükkidena, millel oli kerge akrüülhappe lõhn ja koostiseks etüülmetakrülaad (68%) ja metüülakrülaad (28%). 1976. aastaks muutus toode lõhnatuks ja läbipaistvateks kobarateks. (de Witte jt, 1978) Konserveerijad hakkasid Akrüloid B-72-d kasutama maalidel peaaegu kohe, kui see vaik 1960. ja 1970. aastatel neile kättesaadavaks sai. (Ackroyd 2001) Kaubanduslikult kasutatakse Paraloid B-72-d

¹⁵ keemiline ühend, mis on valmistatud butüülalkoholist ja metakrüülhappest. See annab polümeerile elastsuse ja liimimisomaduse

¹⁶ dispersioon ehk peenosakeste jaotumine vedelikus, kus osakesed on hajutatud kogu vedeliku ulatuses.

üldotstarbelise katteainena. See loob stabiilse, kulumiskindla, mitte kollastuva viimistluse. Konserveerimisel on Paraloid B-72-d kasutatud katteainena (inglise keeles *coating*) ja liimina. (Museum of Fine Arts Boston)

Paraloid B-72 on kahtlemata kõige laialdasemalt kasutatav ja mitmekülgseim kõigist Paraloidi liikidest. See sobib selgeks mitte kollaseks katteks, mida kasutatakse maalide lakkideks, sein- ja õlimaalide aluskihi kinnitamiseks ja immutamiseks, fikseerimiseks söe-, kriidi- ja pastelljoonistustel, puidu liimimiseks. (Conservation Support Systems)

PVA - valmistatakse vinüülatsetaadi radikaalpolümerisatsiooni teel. Esimene polüvinüülatsetaadi (PVA) vesiemulsioon toodi turule USAs aastal 1939. Liimid saadakse vinüülatsetaadi emulsioonpolümerisatsiooni käigus vees, kasutades initsiaatoreid ja stabilisaatoreid. Liimi kontsentratsioon vees varieerub vahemikus 35-60%, lisatakse plastifikaatorina dibutüülftalaati (10-15%) ja stabilisaatorina polüvinüülalkoholi. Samuti valmistatakse PVA-liime lahustitena. Need liimid omavad head kleepuvust, kiiret kõvenemist, vähest mahtkahanemist ning on vastupidavad oksüdatsioonile, bio- ja valguskahjustustele. Siiski on neil puuduseks haprus ja madal veekindlus ning kuumusekindlus. Kõige levinumad on vesiemulsioonliimid (tuntud ka kui valge liim), mida kasutatakse paberi, puidu, naha, termoplastide ja tekstiilide liimimisel. Paberi liimimisel modifitseeritakse PVA-liime sageli karboksümetüültselluloosi, dekstriinide või proteiinliimidega. Liimidesse lisatakse ka plastifikaatoreid, paksendajaid, täiteaineid jm. Kuivades ei ole PVA-liim enam alusmaterjalilt eemaldatav. Seda kasutatakse paberi katete sidemena ja köidete valmistamisel. Kuigi otsest kasutust arhivaalide restaureerimisel ei ole, kasutatakse neid mitmesuguste karpide, mappide jms valmistamisel. (Konsa, 2008)

Tõenäoliselt oli esimene sünteetiline aine, mida konserveerimises kasutati, polüvinüülatsetaat ehk PVA. Sellest on mitmeid sorte ja nende kasutamist konserveerimises arutati esmakordselt 1932. aastal ajakirjas "Technical Studies". Kasutamist dubleerimisliimina kaaluti esmakordselt sama ajakirja 1933. aasta artiklis pealkirjaga "Värvimaalingute dubleerimisliimide probleem" Gettens'i ja Stout'i poolt. Nad tegid eksperimentaalseid tähelepanekuid maalikildudega, mis olid dubleeritud erinevate mudelliidetega, sealhulgas PVA-ga. 1953. aastal kirjutasid Lucas ja Brommelle artikli nimega "Sünteetiliste materjalide ebaõnnestumine pildikonserveerimises". Nad hindasid PVA-emulsioone, millele oli lisatud dibutüülftalaati ja ka PVA-d tolueeni lahuses ning

leidsid, et PVA-l dubleerimisliimina tekkisid stressi all probleemid ja pöördumus oli keeruline. Tänapäeval kasutatakse PVA-d laialdaselt kõigis konserveerimisvaldkondades. (Bria, 1986)

BEVA 371 - liimi tutvustati 1974. aasta Greenwichi konverentsil kui esimest toodet, mis oli spetsiaalselt välja töötatud maalide taastamiseks. Gustav Bergeri uurimuste tõttu, mis käsitlesid sünteetiliste materjalide kasutamist maalide dubleerimisel ja kinnitamisel, on see liim saavutanud laialdase kasutuse konservaatorite hulgas. BEVA®371-l on olulised omadused, mida taastajad otsivad: kõrge liimimisvõime ja füüsikalis-keemiliselt sobivad omadused isegi pärast kiirendatud või loomulikku vananemist. Samal ajal suudab see tagada kaitse termo-hügroomeetriliste kõikumiste vastu ja struktuurilist tuge maalidele, nagu on näidatud erinevates töödes. (Bianco, 2015)

Gustav Bergeri algne BEVA 371 koostis: Elvax 150 vaik (etüleen-vinüülatsetaadi kopolümeeridel põhinev), Laropal K-80 vaik (tsükloheksanoonil põhinev vaik), A-C 400 kopolümeer (etüleen-vinüülatsetaadi kopolümeeridel põhinev), Cellolyn 21 (hüdroabiitüülhappeftalaadi ester), Parafiin (parafiinilised süsivesinikud).

BEVA 371 Film (kile) - vaikude segu, mis on kantud silikooniga kaetud polüestrile (Mylar) ning on spetsiaalselt välja töötatud õhukeste liimikihtidena kasutamiseks kunstiteoste säilitamisel paberil ja lõuendil. (Kremer Pigmente veebileht, 2002). BEVA kile ei kleepu enne kuumutamist. Sulgemistemperatuur on 62–65°C. Kuumutamist saab teha triikraua või kuumaõhupuhuriga. BEVA kile on lahustivaba. Rakendamisel ei eraldu ohtlikke aursid. BEVA kilet saab pindadelt eemaldada heksaaniga või atsetooniga, tingimusel et need lahustid ei kahjusta kunstiteost. Need lahustid ei lahusta liimi, vaid põhjustavad selle paisumist. (Deffner & Johann)

Vaigu segu koostis: Etüleen-vinüülatsetaadi kopolümeerid, tsükloheksanoonvaigud, hüdroabiilalkoholi ftalaat estrid ja parafiin. (Kremer Pigmente veebileht, 2002)

Metüülselluloos (MC) - kunstlik polümeer mida saadakse tselluloosi töötlemisel. Metüülselluloos lahustub vees, kloroformis ja benseenis, kuid ei lahustu etanoolis ega eetris. (Konsa, 2008: 86) Metüülselluloosi (MC) kasutati juba 1920. aastatel korrodeerunud pliiplaatide tihendusaineks. Paberitööstuses on vees lahustuvat MC-d pikka aega kasutatud liimina, suurendus- ja tihendusainena. MC lahuseid on testitud

seinamaalingutel, kasutatud pigmentide kandjana, vettinud puidu ja korvide tihendusainena ning lõuendi dubleerimiseks. Samuti on MC-d kasutatud liimina tekstiilide ja tapeetide jaoks. MC-d lisatakse muu hulgas tselluloosi eetreid (reoloogia modifikaatorid, kaitsekolloidid) sisaldavatele tärkliiseliimidele ja polümeeride dispersioonidele tööomaduste parandamiseks. (Steger 2022: 2)

2.3. Taimsed liimid ehk tärklise liimid

Teadmised tärklise liimimisomadusest ulatuvad tagasi varajasesse ajalukku, kus Plinius Vanem 1. sajandil pKr kirjeldas papüüruse valmistamist nisujahust pastaga. Tärkliiseliimid on tänapäeval laialdaselt kasutusel mitmetes tööstusharudes nagu paberitootmine ja tekstiilitööstus. Tärklist saadakse taimede juurtest ja seemnetest. Tuntuimad on maisi-, kartuli-, riisi- ja nisutärkliis, neist kahte viimast kasutatakse kõige sagedamini kaasaegses konserveerimistöös. Taimset materjali töödeldakse mitmel viisil, sealhulgas hapete, aluste, ensüümide ja oksüdeerijatega. Need protsessid muudavad tärklise viskoossust ja kõvastumist. Tärklise keeruka struktuuri, kus 75% on hargnenud amülopeptiinimolekul ja 25% lineaarne amüloosmolekul, täpsed protsendid määravad suuresti tärklise tööomadused. Tärkliis ei lahustu külmas vees, küll aga kuumas. Tärklise vees kuumutamisel tekib kleepuv kolloidlahus (kliister). Tärkliisekliistri liimivad omadused sõltuvad keetmise ajast ja lahjendusest. Mida kauem kliistrit keedetakse, seda paremate liimimise omadustega liim saadakse. Tärkliisekliister on happelise reaktsiooniga, liimi neutraliseerimiseks lisatakse mõnikord kaltsiumhüdroksiidi. Tärkliisekliistritest annab kõige parema liimi nisutärkliis. (Konsa, 2008) Tärkliiseliimid on valged pulbrid, mille koostis ja graanulite suurused tärklise tüüpidel varieeruvad. Liimipastad valmistatakse tavaliselt leotades tärklist kõigepealt vees ja seejärel keetes seda lisavees, kus pikem keetmisaeg, kõrgemad temperatuurid ja segamine soodustavad graanulite lõhkemist. Igal tärkliisel on oma želatiniseerumisvahemik, mis mõjutab kasutusvalmis (*ready-to-use*) liimi omadusi. Puhtad tärkliisel põhinevad liimid jäävad vees lõpmatult paisuma ja näitavad head pöörduvust, kuigi tundmatu kvaliteediga liimid võivad nõuda spetsiifiliste ensüümide kasutamist nende eemaldamiseks. Lisaks on tärkliiseliimid vastuvõtlikud putukate, näriliste ja ensüümide rünnakule. (Conservation Wiki veebileht)

Aroruut - tärkliis, mis on saadud Floridast, Lääne-Indiast ja Kesk-Ameerikast pärit maranta (*maranta arundinacea*) taime mugulatest. Aroruudi tärklist kasutatakse sideaine ja

liimina. 1850. aastate keskel kasutati aroruudi tärklisest soolatud fotopaberite sideainena. See andis hea tihedusvahemiku ja kõrge eraldusvõimega ereda pildi. (Getty Art & Architecture Thesaurus Online veebileht)

3. LÕUENDIMAALIDE KONSERVEERIMISES KASUTATAVAD LIIMID EESTIS

Käesolevas peatükis käsitlen liimide kasutamist lõuendikadude parandamisel maalikonserveerimise valdkonnas. Varasemad uuringud ja küsitlused on näidanud erinevaid eelistusi ja praktikaid konserveerijate seas. Näiteks on varem läbi viidud küsitlused keskendunud samuti materjalidele mis on konserveerijate hulgas kõige populaarsemad.

Viisin läbi küsitluse nelja maali konserveerimise asutuse konserveerijate hulgas, et täpsustada, milliseid liime praegu eelistatakse lõuendikadude parandamisel. Uuringus osalesid viis kogenud konserveerijat, kes jagasid oma kogemusi ja eelistusi erinevate liimide kasutamisel. Küsitluse eesmärgiks oli mõista, millised liimid vastavad kõige paremini konserveerijate vajadustele ja millised omadused on nende valiku aluseks. Analüüsin küsitluse tulemusi, keskendudes sünteetiliste ja loomsete liimide kasutusele ning konserveerijate üldistele eelistustele ja praktikale.

Rebendid on kõige sagedamini esinevad kahjustused tekstiilalustel maalides. Nende põhjused võivad olla ülepingutus, oma kaal, kiudude lagunemine, löögist tingitud ülevenitused, murdumised ja lõiked. Kangastes võivad rebendid esineda mitmel erineval kujul. Heiber nimetab muu hulgas painduvaid, venivaid, kohevaks muutunud, vaiguga kaetud, kõvasti kleepunud, vaha täis imendunud, hapraid, koorikuid moodustavaid, kattuvaid, viltunud, peeneid, tugevaid, tihedalt koos asetsevaid, lokkis, siledaid, pikalt lahti hargnenud, liiga pikki, liiga lühikesi, oksüdeerunud ja puuduvaid lõngaotsi. Lisaks võivad need esineda kas liikuvates või jäikades kangastruktuurides, ülepingutatud pildipinna ülejäägiga või pikisuunalise tõmbe tõttu lahti rebenenud servadega. Veel eristatakse rebendeid nende suuna järgi (paralleelselt koelõngaga, paralleelselt lõimega, diagonaalselt astmelised, harunevad, L-, T- või V-kujulised), rebendi pikkuse ja pildi formaadi järgi. Samuti võivad rebendid esineda erinevates kangastes, millel on erinevad kiudmaterjalid ja sidumismustrid.

Esimesed meetodid rebendite parandamiseks olid kangakihi lisamine tagaküljele, plaastrite kleepimine või liimi või krundi pealekandmine. Veel üks meetod on rebendi sulgemine kiupuruga. On teada, et neid meetodeid kasutatakse ka tänapäeval teatud juhtudel. Kuid

enamasti eelistatakse üksikute lõngade liimimist või rebendi õmblemist. Viimane on siiski võimalik ainult stabiilsetes kangastes, mis taluvad uute õhukeste lõngade pinget. Mõlemad meetodid annavad peaaegu nähtamatult suletud rebendid ja vastavad kõige paremini minimaalse sekkumise põhimõttele. (Reuber, 2010)

3.1. Varasemad sarnased uuringud

Suurbritannias asuva Kenti Ülikooli Rahvusvahelise Kolledži (University of Kent International College, UKIC) tekstiiliosakonna liimigrupp (*Adhesive Group of the UKIC Textile Section*) viis 1994. ja 1995. aastal läbi uuringud, mis käsitlesid tekstiilkonservaatorite suhtumist liimide kasutamisse ja põhjuseid, miks valiti just konkreetne liimi. Uuring viidi läbi Ühendkuningriigis, Euroopas ja Põhja-Ameerikas. (Hillyer 1997: 37) Selgus, et Suurbritannias kasutati kõige enam termoplastseid liime, Mowilith DMC2, Vinnapas EPI, Vinamul 3252 ja Beva 371. Tselluloosilimidest kasutati sagedamini karboksümetüülselluloosi ja Klucel G-d ning tärglisepõhistest liimidest olid enam kasutatud nisutärglis(kliister) ja aroruut. Põhja-Ameerikas olid termoplastilistest liimidest populaarsemad Beva 371, Lascaux 360HV, Lascaux P550-40TB, Lascaux 489HV, Mowilith DM5, Paraloid F10, AYAA & AYAC, Jade 403 ja Elvace, tselluloosliimidest olid populaarsemad karboksümetüülselluloos, metüülselluloos ja tüloos (metüülhüdrosüetüülselluloos), tärglisepõhistest liimidest vaid aroruut. Euroopas oli kasutusel väiksem liimide valik kui Suurbritannias ja Põhja-Ameerikas. Populaarsemad termoplastsed liimid olid Mowilith DMC2, Vinnapas EP1, Texicryl 13-002, tselluloosliimidest karboksümetüülselluloos, metüülselluloos ja tüloos ning tärglisepõhistest hüdrolüseeritud nisu- ja kartulitärglis. Küsimusele “mis takistab teil laiemat valikut liime kasutamast?” vastas 80% küsitatud Suurbritannia konservaatoritest, et probleemiks on vähene aeg eksperimenteerimiseks ja info puudus. Üle 25% küsitletutest olid rahul hetkel kasutatavate liimidega ja paljud kommenteerisid, et kuna liimide kasutamist ei tule just sageli ette, siis ei ole mõtet uute liimidega ka katsetada. (Hillyer 1997: 38-44)

2018. aastal viis Marika Kesler Glasgow ülikoolist oma magistritööna läbi samasuguse küsitluse, nagu oli kasutatud Hillyeri 1997. aasta uuringus. Tema uue uuringu eesmärkideks olid: avastada kättesaadava teabe ja allikate ulatus; teha kindlaks teemad, mis puudutavad suhtumist liimide kasutamisse tekstiilide konserveerimises; määrata

parajasti kasutusel olevad liimid ja nende kasutamise tehnikad ning tuvastada muudatused, mis on toimunud professionaalses praktikas. Küsitlus saadeti e-kirjaga 329 inimesele ning seda jagas *Facebookis* Kanada Kultuuripärandi Konserveerimise Ühing (CAC-ACCR) ja ka autor ise CTC (inglisekeelne lühend Tekstiili konserveerimise keskusele) vilistlaste grupiga. Küsitlus kogus 79 vastust Suurbritanniast, Euroopast ja Põhja-Ameerikast. Enamus vastanutest määratlesid end tekstiilikonservaatoriteks või lihtsalt konservaatoriteks. Küsitlus sisaldas valikvastustega küsimust 49 liimi kohta, kus osalejad märkisid viimase 20 aasta kasutuse, selleaegse kasutuse ja eelistused. Peaaegu kõik parajasti kasutatavad liimid olid samuti märgistatud eelistatuks, välja arvatud tärglikud ja valgupõhised liimid, kus ainult nisutärglik ja tärgliksepasta, mille koostis oli täpsustamata, olid märgitud suurema hulga vastajate poolt eelistatuks. Märkimisväärselt on termoplastilised liimid nagu Mowilith DMC2, mis olid varasemalt populaarsed Ühendkuningriigis ja Euroopas, kasutuses vähenenud. Sama kehtib ka karboksümetüülselluloosi kohta, mille kasutus on samuti drastiliselt vähenenud. Siiski on Beva 371 ja Lascaux'i tooted säilitanud populaarsuse, kusjuures Lascaux 360 HV ja 498 HV on laialdaselt kasutusel Ühendkuningriigis ja Euroopas. Tselluloosiliim Klucel G on samuti säilitanud ja suurendanud oma populaarsust. Nisutärglike kasutamine on sarnaselt suurenenud nii Suurbritannias, Euroopas kui ka Põhja-Ameerikas. (Kesler 2018: 7-8, 31-36)

Kai Merilain viis oma Eesti Kunstiakadeemia magistritöös läbi küsitluse dubleerimise kasutatavuse kohta ning käsitles ka kolme varasemat rahvusvahelist küsitlust maalide dubleerimise kohta. Esimene korraldati Londoni Courtauld'i Kunstiinstituudi ja Greenwichis asuva Suurbritannia rahvusliku Meremuuseumi koostöös ning tulemused avaldati 1975. aasta ICOM-CC (*International Council of Museums - Committee for Conservation*) konverentsil Veneetsias. Teine küsitlus toimus 1983. aasta lõpus ja tulemused esitleti 1984. aasta ICOM-CC konverentsil Kopenhaagenis. Kolmas küsitlus toimus 2001. aasta kevadel ning tulemused avaldati 2002. aasta ICOM-CC konverentsil Rio de Janeiros. Esimese ja teise küsitluse vahel oli 9 aastat, teise ja kolmanda vahel 18 aastat ning viimase küsitluse läbiviimisest oli möödunud 8 aastat. Esimene küsitlus toimus seega juba 35 aastat tagasi, mis on näidanud märkimisväärsed muutusi dubleerimishoiakutes, -meetodites ja materjalide kasutamises. (Merilain 2009: 73)

Merilain saatis kirjalikult 23-le e-posti aadressile välja kaks küsimust: 1) Kas ja kui palju te tänapäeval veel maale dubleerite? Pean silmas dubleerimist vaid kitsamas tähenduses, mitte äärste liimimist, maroflaaži ega teisaldamist. 2) Milliseid liimaineid te selleks kasutate? Küsimused saatis ta Soome, Belgiasse, Austriasse, Saksamaale, Inglismaale, Venemaale, Poola ja Hollandisse. Paraku tagasi sai ta vaid 8 vastust.

Teen kokkuvõtte teise küsimuse vastustest, kuna need on seotud minu uuritava teemaga. Kasutatavate dubleerimisliimainete osas on märgata muutusi, võrreldes varasemate tavadega. Kuigi sünteetiliste liimainete kasutus on suurenenud, ei ole traditsioonilisi meetodeid unustatud. Mõned konservaatorid eelistavad endiselt traditsioonilisi liime nagu kalaliim, rooma *colla di pasta* või vaha-vaigu meetodit. Teisalt on mõned asutused nagu Minneapolisise Konserveerimiskeskus loobunud vaha-vaigu meetodi kasutamisest. Sünteetiliste liimainete seas on populaarseimaks saanud Beva 371, nii pasta kui kilena. Samas sõltub liimi valik ikkagi maali eripärast ja säilitamisvajadustest ning paljud konservaatorid kasutavad erinevaid meetodeid vastavalt konkreetsele olukorrale. Vaatamata mõningatele eelistustele erinevate liimainete ja meetodite osas, on näha, et traditsiooniliste meetodite, nagu vaha-vaigu, kasutamine on aja jooksul vähenenud. Vaakum-kuumlaudade kasutamine on samuti langenud, samas kui õhku välja tõmbavad süsteemid on populaarsust kogunud. (Merilain 2009: 74, 78-80)

3.2. Läbiviidud küsitlus

Selleks, et saada teada, milliseid liime ja mis juhtudel kasutavad Eesti maalikonservaatorid tänapäeval, viisin läbi küsitluse. Küsitluse tegemise otsus lähtus sellest, et kuigi info liimidest on teoreetiliselt olemas kas maali konserveerimise aruannete, tööde albumite ja muude tööde näol, siis need ei ole kõik lihtsasti kättesaadavad. Aruandeid hoitakse asutuste arvutites, kataloogides, isiklikes arvutites, digiteekides ja mujal, millele ligipääsu jaoks on vaja asutustelt/eraisikutelt luba ning paraku väljuks info töötlemise maht bakalaureusetöö raamest. Seega otsustasin läbi viia kirjaliku küsitluse saates selle e-kirjaga 13-le maalikonservaatorile neljast Eestis konserveerimisega tegelevast asutusest, milleks on Konserveerimis- ja digiteerimiskeskus Kanut, Tartu Kunstimuuseum, Eesti Kunstiakadeemia ja Eesti Kunstimuuseum. Samuti saatsin küsitluse Konserveerimise ja restaureerimise stuudiole Art Group, ent sealt vastust ei saanud. Kolmeteistkümnest

väljasaadetud küsitlusest sain kirjalikke vastuseid tagasi viis. Sain ka ühe suulise vastuse, ent see ei osutunud minu lõputöösse sobilikuks.

Küsitluse eesmärk on saada ülevaade tänapäeval, aastatel 2023-24, tegutsevate Eesti maalikonservaatorite kasutatavate liimide kohta lõuendikadude parandamisel ja dubleerimisel.

3.3. Küsitluse vastused

Küsitluse vastused saabusid järgmistest asutustest: kaks vastajat Kanutist; üks vastaja Tartu Kunstimuuseumist, Eesti Kunstiakadeemiast ja Eesti Kunstimuuseumist. Kuna igast asutusest tuli liialt vähe vastuseid, et teha asutuse liimide kasutatavuse kohta järeldusi, siis vastuste väljatoomisel kirjeldan tulemusi üldistades (tabel 1).

Tabel 1. Liimide kasutatavus

Liimid	Mis liime on kasutatud	Mida kõige enam kasutatakse	Mida ei ole kasutatud	Mida kasutatakse äärte dubleerimisel
Jänesenaha liim, jahvatatud			100%	
Jänesenaha liim, kuubitatud			100%	
Jänesenaha liim, pärlid			100%	
Kalaliim	40%		20%	
Vedel kalaliim			100%	
Kalaliimikile, graanulid	20%		60%	
Kondiliim, pärlid			100%	

Lascaux Polyamide Textile Welding Powder 5350	60%	20%	40%	
Lascaux Acrylic Glue 498 HV	60%		40%	
Paraloid B-72			100%	
PVA	40%		60%	
BEVA 371 Film thick (65)	80%	20%		80%
BEVA 371 Film thin (25)	80%	20%		40%
BEVA kile, paksus tāpsustamata		20%		
Kalaliim+nisukliister (1:1)	20%	20%		
Bevatex (BEVA+Hollytex)	20%			
Želatiin	20%			
Nisutārklis	20%			
Plextol B 500	20%			
Lascaux Heat Seal Adhesive 375 in Solution				
Lascaux Heat Seal Adhesive 375 Dry Mixture				

Lascaux Heat Adhesive 489 HV				
Lascaux Heat Adhesive 489 20 X				20%
Lascaux Heat Adhesive 303 HV				
Lascaux Acrylic Adhesive, number täpsustamata				20%

Süntetilised liimid on maalikonserveerijate seas kõige eelistatumad, sealhulgas Lascaux Polyamide Textile Welding Powder 5350 ja Lascaux Acrylic Glue 498 HV, mida kasutas kolm vastajat viiest. Beva 371 kile, nii paksem kui õhem, on kasutusel kõigi viie vastaja poolt, samas kui PVA-d kasutas kaks vastajat. Üks vastaja mainis ka Plextol B 500 ja üks Bevatexi, mis on Beva kile koos loormaterjalist tugikangaga.

Loomsed liimid on vähem levinud, kuid kalaliimi on kasutanud neli vastajat. Üks vastaja kasutas želatiini ja nisutärklisist ning üks kalaliimi ja nisukliistri (1:1) segu.

Iga vastaja tõi välja ühe liimi, mida nad enim kasutavad: Lascaux Polyamide Textile Welding Powder 5350, Beva 371 õhem kile, Beva 371 paksem kile, täpsustamata Beva 371 kile ning kalaliimi ja nisukliistri segu.

Jänesenaha liime, vedelat kalaliimi, kondiliimi ja Paraloid B-72 ei kasutata üldse. Põhjustena toodi välja liimi stabiilsuse puudumine ja halb tagasipööratavus. Teisejärgulisteks põhjusteks olid katsetamise võimaluse puudumine, liimi värvi muutumine, kasutusmugavuse puudumine, krakleerumine ja muud. Üks vastaja mainis, et teisi liime pole proovitud, kuna olemasolevad sobivad hästi.

Äärte dubleerimisel kasutatakse enim Beva 371 paksemat kilet, mida eelistavad neli vastajat viiest. Beva 371 õhemat kilet kasutavad kaks vastajat. Lascaux Acrylic Adhesive 498 20 X on kasutusel ühe konservaatori poolt ning üks kasutab Lascaux Acrylic Adhesive-i, tõenäoliselt sama numbrit. Kõige tähtsam tegur liimi valikul on tagasipööratavus, millele järgnevad pikaajaline stabiilsus, kõvadus pärast kinnitamist,

tundlikkus niiskuse ja temperatuuri suhtes ning kasutusmugavus. Värvus ja rabedus pärast kinnitamist ning tervise/ohutuse tegurid pole nii olulised ning liimi hind ei ole üldse tegur.

Lõuendiriide valikul eelistatakse olemasolevaid sobivaid lõuendi jääke, kus linalõuend on kõige populaarsem, kuid kasutatakse ka polüesterlõuendit. Äärte dubleerimisel on samuti linalõuendi kasutamine kõige levinum, kuid kasutatakse ka puuvilla- ja polüesterlõuendit. Liimi kantakse peale peamiselt pintsliga. Beva kile, polüamiidtekstiiliimi ja muude termiliselt töödeldavate liimide puhul kasutatakse triikrauda, kuumaspaatlit või kuumnõela (*hot needle*).

Lõuendikadude parandamisel kasutatavad abivahendid on triikraud, kuumaspaatel, filterpaber, Hollytex, suitsupaber, mikalent, raskused, käärid, skalpell, lõuenditükid toetuslappideks, pintsetid, luup, silikoonkile, lõuendipuru, lõuendiniidid, kuumnõel ja erinevad hambaarsti töövahendid.

Ideaalset liimi ei eksisteeri, liimi valik sõltub eeskätt parandatavast objektist. Hea liimi omadusteks peetakse head liimimisvõimet, tugevust erinevate jõudude suhtes, tagasipööratavust, mittemürgisust, head kasutusmugavust, esteetilisust, stabiilsust, värvitust, mitterabedust, mittehaisemist, hallituse mittetekkimist, elastset kuivamist, piisavat tugevust ning mitte liigset imendumist lõuendisse või sellest läbi.

Oma läbiviidud küsitlusest sain teada, et kõige enam kasutavad konservaatorid sünteetilisi liime Lascaux Polyamide Textile Welding Powder 5350, Beva 371 õhemat ja paksemat kilet. Loomseid liime eriti ei kasutata, kuid kasutusel on kalaliimi ja nisukliistri segu. Jänesenaha liime, vedelat kalaliimi, kondiliimi ja Paraloid B-72 ei kasutata üldse stabiilsuse ja tagasipööratavuse probleemide tõttu. Kõige olulisem liimi valikul on tagasipööratavus, järgnevad pikaajaline stabiilsus ja kasutusmugavus. Värvus ja tervise/ohutuse tegurid on vähem tähtsad ning hind ei ole määrav. Lõuendi valikul eelistatakse olemasolevaid linalõuendi jääke, kasutatakse ka polüesterlõuendit. Äärte dubleerimisel eelistatakse samuti linalõuendi kasutamist, kuid kasutatakse ka puuvilla- ja polüesterlõuendeid. Ideaalne liim on hea liimimisvõimega, tugev, tagasipööratav, mittemürgine, mugav kasutada, esteetiline, stabiilne, värvitu, mitterabe, vähese lõhnaga, hallituskindel, kuivades elastne ja lõuendisse mitteimbuv.

4. LÕUENDIPARANDUSTE TEGEMISEKS KASUTATAVATE LIIMIDE TESTIMINE

Liimide tõmbetugevuse mõõtmine on oluline komponent nende materjalide omaduste hindamisel ja võrdlemisel. Tõmbekatse käigus saab hinnata, kui palju jõudu on vaja kahe materjali lahutamiseks, mis on eelnevalt ühendatud liimiga. See annab aimu liimi tugevusest ja vastupidavusest konkreetsetes rakenduses. Peatükk keskendub erinevate liimide tõmbetugevuse mõõtmisele, katsekehade valmistamisele, katsetamisele ja tulemuste analüüsile.

4.1. Ülevaade liimide testimisest

Liimi valik sõltub liimitavatest materjalidest, liimliite kasutustingimustest, liimimistingimustest ja hinnast (Christjanson 1999: 77).

Liimide testimiseks saab kasutada erinevaid meetodeid. Kuna liimliite korral on kõige olulisemaks tunnuseks selle tugevus, siis on enimkasutatavateks mehaanilised testimismeetodid. Mehaaniline testimine tähendab seda, et uuritakse liimliite reageerimist erinevatele jõu rakendamise viisidele. Katsemeetodeid on erinevaid, kuid maalide lõuendite liimide korral on oluline just tõmbetugevus.

Materjaliteadus on tõusnud väärtuslikuks tööriistaks konserveerimisstrateegiate kavandamisel, pakkudes põhjalikku arusaamist üksikute materjalide, sealhulgas kunstnike ja konservatorite poolt kasutatavate materjalide, omadustest ja käitumisest. Materjaliteaduse alastest uuringutest on selgunud, et igasugune objekti muutmine konserveerimise käigus mõjutab tingimata selle struktuuri ja omadusi, mis omakorda mõjutab seda, kuidas materjal edaspidi reageerib erinevatele välismõjudele. Uuringud näitavad, et konserveerimismeetmed nagu liimide kasutamine, materjalide lisamine või lakikihi asendamine võivad oluliselt muuta maali struktuuri ja omadusi, mõjutades selle vananemisprotsessi erinevates keskkonnatingimustes. Seetõttu on oluline mõista maali materjalide struktuurset käitumist konserveerimise strateegiate väljatöötamisel, mis tagavad pikaajalise säilimise. (Rogala, 2019)

Järgnevalt annan ülevaate Gustave Bergeri artiklist “Testing Adhesives for the Consolidation of Paintings” (1972), kus ta käsitleb põhjalikult liimide testimist just tõmbeteimi kasutades. Teen siinkohal sellest kokkuvõtte.

Bergeri uurimistöö eesmärk oli teha pööre maalikonserveerimises liimide kasutamisel, uurides hoolikalt nende mehaanilisi omadusi, eriti tõmbekatse kaudu. Tunnistades traditsiooniliste liimide puudusi ja potentsiaalseid kahjusid, alustati uuringut, mida toetas Samuel H. Kressi fond ja mis viidi läbi koostöös New Yorgi Ülikooli Instituudi Konserveerimiskeskusega. Uurimistöö lahutamatu osa tõmbetugevuse test oli mõeldud liimide efektiivsuse mõõtmiseks erinevates kontekstides, näiteks nende nakkumine värvikihtide ja erinevate ääristega. Tõmbetugevuse test (ASTM D 903-49) simuleeris lõhenemiseni viivaid pingeid, andes olulise ülevaate liimi toimivusest. Värvikihi liimikatsetes kinnitati peenest puuvillasest riidest ribad nii vanade kui ka tänapäevaste maalide tausta aladele. Kuu aja pärast viidi läbi tõmbekatsed, kasutades tõmbetugevuse mõõtmise seadet Instron Tensile Tester. Selle protseduuri eesmärk oli hinnata erinevate liimide tõhususe mõistmiseks nende nakkuvust erinevatele värvikihi aluspindadele. Tulemused näitasid olulisi erinevusi liimide toimivuses, silmapaistsid Elvacet 1454 ja Thermogrip, mis näitasid suurepäraseid nakke- ja vananemisomadusi, loomsed liimid ei olnud usaldusväärsed ning kukkusid värvikihi katsetel läbi. Äärte dubleerimise mudelitel viidi läbi täiendavad tõmbetugevuse katsed, simuleerides tegelikke dubleeringu käitumisi. Nende katsete puhul kasutati maalide asemel kaubanduslikult krunditud linast lõuendit. Testiga ASTM D 903-49 mõõdeti kleepuvustugevust, tõmmates krunditud lõuendit 180 kraadi all erinevatelt dubleerimismaterjalidelt. Testiti enam kui sada erinevat mudeldubleeringut vaha-vaigu liimide variatsioonidega ning tulemused näitasid olulisi erinevusi nakketugevuses ja käitumises. Nimelt näitasid eksperimentaalsed koostised, nagu Beva 285, mille kleepuvustugevus on kümme korda suurem kui tavalistel vaha-vaigu segudel, märkimisväärsed tulemusi. Lisaks viidi läbi liimiga immutatud värvikihtide tõmbetugevuskatsed, et mõista immutamise mõju kleepuvusele. Tulemused rõhutasid varasemate liimide pinnalt eemaldamise tähtsust optimaalse nakkumise tagamiseks, kuna nõrkade liimide puhul vähenes tõmbetugevus oluliselt. Tõmbekatsete hoolikas metoodika, laiaulatuslikkus ja põhjalikud leiud rõhutasid kesket rolli maalide konserveerimise edendamisel. Nad andsid olulisi andmeid liimide efektiivsuse kohta, mis aitasid välja töötada paremaid koostisi nagu Beva 371. Uurimistöös rõhutati rangete katsete olulisust

liimide sobivuse ja ohutuse tagamiseks, rõhutades nende kriitilist rolli maalides sisalduva kultuuri- ja kunstipärandi säilitamisel. (Berger, 1972)

Lena Reuber kirjutas diplomitöö “Liimid rebendite liimimiseks linastele kangastele” (Kölni Restaureerimis- ja Konserveerimisteaduse Instituut, 2008). Diplomitöös testiti liimide sobivust linase lõnga niit niidi haaval rebendi parandamiseks, tõmbekatsed viidi läbi 25 liimiga. Lisaks testiti liimühenduse sõltuvust üksikust niidist. Venitatud liimühendusega linase lõnga tükide tõmbetugevust ja jäikust testiti tavalises, äärmiselt kuivas ning äärmiselt niiskes kliimas. (Reuber, 2010) Katse läbiviimiseks kasutati Zwick universaalset katsemasinat Z2.5/TN. Et oma katse tulemusi võrrelda, toon välja Reuberi katse tulemused Beva 371, polüamiidi ja kalaliimi-nisukliistri seguga.

Reuber kasutas katses Kremeri toodetud polüamiidtekstiilpulbrit ja Lascaux polüamiidtekstiilpulbrit 5065 ning võrdles neid. Lascaux pulber oli peenem ja seetõttu oli seda lihtsam ka doseerida, mõlemal pulbril värv tumenes. Lascaux maksimaalne tõmbetugevus oli vahemikus 353–502 cN, variatsioonikoefitsient oli 31%.

Kuumsulamliimidest on Beva 371 kilet lihtne kasutada ja see tungis liimidega Degalan PQ611 ja Paraloid B72 võrreldes paremini kiudude vahele. Liimikohas oli peale kuumutamist näha tumenemist. Beva 371 maksimaalne tõmbetugevus jääb 117–192 cN vahele, keskmine oli 154 cN, aga enamik väärtuseid olid aga kas üleval- või allpool keskmist. Variatsioonikoefitsient oli seega kõrge, 42%.

Nisutärklisega segatud kalaliimi oli lihtne liidetel modelleerida. Visuaalne välimus oli hea, kuid esines kerget (värvi)tumenemist, eriti liimi liigsal kasutamisel. Enamikul juhtudel rebenesid liited maksimaalse tõmbetugevuse saavutamisel, mis oli vahemikus 686 kuni 1022 cN, variatsioonikoefitsient oli 34%.

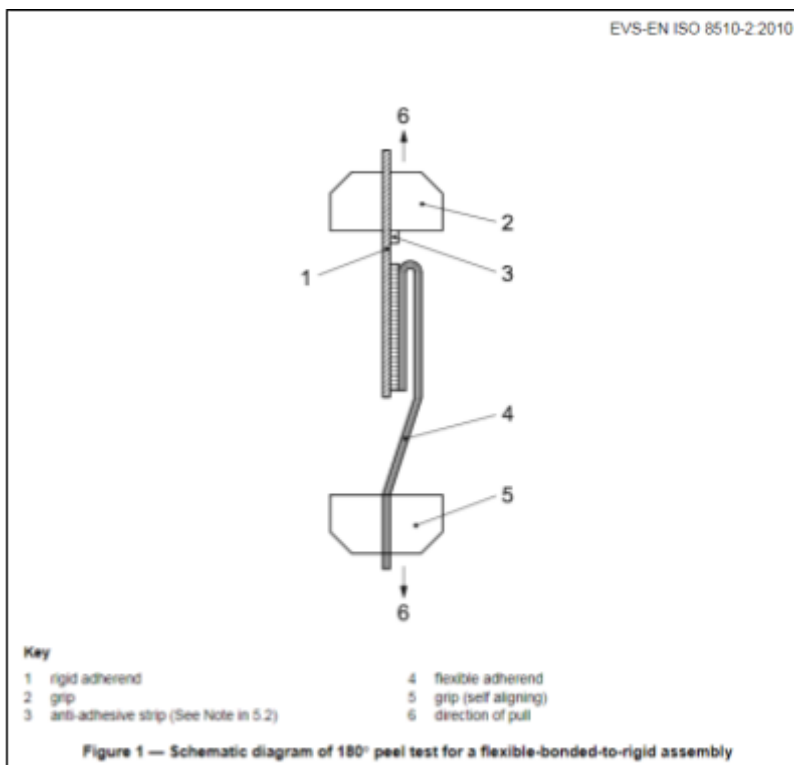
4.2. Katsed

Enne katsete läbiviimist püstitasin uurimisküsimuse, kas liimi siduvus lõuendiga mõjutab tõmbetugevust ning minu hüpoteesiks oli, et sünteetilised liimid on vastupidavamad kui loomsed, sealt tuleneb ka nende suur kasutatavus konservaatorite poolt.

Sobiva katsemeetodi valikul oli määravaks selle Eestis läbiviimise võimalikkus, vastamine lõputöö vormile ja mahule ning ajaline ressurss. Algne soov oli teha vanadamiskatse ja

jälgida ning dokumenteerida liimide muutusi, ent see meetod osutus mitesobivaks kahel põhjusel, minu enda vähe kogemus selle katse läbiviimiseks ja sobiva vanandusmasina, kus saab kasutada ka tekstiili, puudumine.

Seejärel lugesin kirjandust tõmbetugevuse katsete kohta ja uurisin vastavate masinate saadavust. Tekstiilile sobivat masinat ei olnud Eesti Rahva Muuseumis ega Eesti Rahvusraamatukogus. Tallinna Tehnikaülikooli veebilehel katselaborite teenuste loetelus ei leidunud samuti tõmbekatse masinat tekstiilile. Kuid kirjalik päring puidutehnoloogia laborisse tõi vastuse et masin, mille haaratsite vahele sobib ka lõuend, on neil olemas. Siinkohal minu siiras tänu puidutehnoloogia labori töötajatele, kes mulle lahkelt vastu tulid, mind vastu võtsid, olid nõus abistama ja juhendama.



Joonis 1. 180-kraadise tõmbetugevuse katse skeem painduva ja jäiga ühenduse jaoks

Kuna Eesti standardis EVS-EN ISO 8510-2:2010 Liimid. Painduv-jäiga liimühendusega teimikeha rebiteim. Osa 2: Rebimine 180-kraadise nurga all (edaspidi standard) on toodud painduv-jäiga liimühenduse tõmbekatse puidu ja polstri vahel, oli alguses plaanis seda katsetust modifitseerida nii, et kinnitame jäiga materjali peale (näiteks vineer) ühe lõuendiosa metallist klambritega ja teine lõuendiosa käituks

katses kui painduv materjal (joonis 1). Vastavalt standardile on katse läbiviimiseks vaja minimaalselt viis katsekeha. Üks katsekeha koosneb ühest jäigast kleebitavast osast, ühest paindlikust kleebitavast osast ja liimist, mis neid omavahel kokku kleebib.

Testisime siiski laboris, kas ainult lõuendi katsekeha saab ka haaratsite vahele panna ja kas see annab väljundina loetavat tulemust. Kuna see variant töötas, otsustasin kõik katsed teha ilma jäiga materjalita.

Käesoleva katse puhul kasutan jäiga osa asemel 200mm x 35mm suurust linalõuendi lapikest, paindliku osana 350mm x 35mm suurust linalõuendi lapikest ning nelja liimi:

- 1) BEVA Film 371 65 μ (edaspidi: paks BEVA kile);
- 2) BEVA Film 371 25 μ (edaspidi: õhuke BEVA kile);
- 3) Lascaux Polyamide Textile Welding Powder 5350 (edaspidi: polüamiid, liimikile);
- 4) nisutärklise kliistri ja kalaliimi segu (1:1).

4.3. Katsekehade ettevalmistamine

Katsekehade koguseks valisin 10 katsekeha iga liimi kohta (pilt 4). Lähtusin standardis sätestatud minimaalselt viie katsekeha nõudest ja labori soovituselt teha rohkem katsekehi, kuna masina kalibreerimiseks võib olla vajadus paar katsekeha maha arvestada. Tõmbekatse masina kalibreerimine sujus aga väga hästi, kõiki tulemusi sai kasutada ja ühtegi katsekeha ei läinud väljaarvamisele.

Katsekehade materjalina kasutasin linalõuendit, kuna see on enimkasutatav lõuendiriie. Kaalusin



Pilt 4. Linalõuendi ribad-katsekehad

lisaks linalõuendile katsetada liime ka polüesterlõuendil, kuid arvestades, et ühe liimi testimiseks on vaja valmistada 10 kahest lõuendiribast koosnevat katsekeha, on nelja liimi jaoks vaja nelikümmend katsekeha ja kahe lõuendimaterjali kasutamine tähendaks kokku kaheksakümmet katsekeha, oleks see teinud katse liiga mahukaks.

Kasutasin katsekehadel kahe lõuendiriba kokku liimimist, kuna see annab konkreetse hinnangu liimi tugevusele, imiteerib dubleerimist ja paikamist (pilt 5) (pilt 6). Niit niidiga meetodi kasutamisel võiks niit ise mõjutada tulemusi ja liimi enda tugevuse tegelikku hindamist.

Polüamiidi katsekehade valmistamise protsess oli ajakulukas, kuna sellega kaasnes palju passiivset ooteaega. Esmalt sulatasin triikrauaga kuumutades õhukese kihi tekstiilipulbrit kilede vahel. Ootas, kuni tekkinud liimikile jahtus. Seejärel lõikasin välja standardis antud suurusega liimiribad, 150 mm x 25 mm, ja kinnitasin need triikrauaga kuumutades väiksema ribale (nn dubleerilõuend). Ootas, kuni see jahtus, ning seejärel kinnitasin selle pikema ribaga (nn originaallõuend) kokku. Aja kokkuhoiu mõttes proovisin ka liimikile otse kahe lõuendiriba vahele kuumutada, kuid see põhjustas liimi imbumist läbi lõuendi, mis ei ole maali konserveerimise kontekstis kuidagi sobilik.

Beva kilede katsekehade valmistamine oli kõige lihtsam, kuna liimi ei pea valmistama ega eeltöötlemata, vaid saab kohe kasutada. Kõigepealt lõikasin välja õige suurusega liimiribad ja seejärel kinnitasin selle esmalt



Pilt 5. Katsekehad: vasakult paremale paksem BEVA, õhem BEVA ja polüamiid



Pilt 6. Kalaliim+nisukliister katsekeha esi- ja tagakülg.

triikrauaga kergelt kuumutades väiksemale ribale ning seejärel kinnitasin selle lõplikult pikema ribaga. Seda seetõttu, et liimikile võib kortsuda ja nihkuda liimialalt välja, kui see kohe kahe lõuendi vahele panna.

Kalaliimi ja nisukliistri segu valmistamine oli töö- ja ajamahukas protsess, kuna liimid tuli ise valmis keeta. Kuivatatud tuurapõit on vaja vee sees öö läbi leotada, et sealt kätte saada kollageeni. Kliistri ja kalaliimi keetmise juures on oluline jälgida õiget temperatuuri ja aega. Liim kuivab loomulikult teel õhu käes ja see võtab ka oma aja.

Valmis liimisegu kandsin esmalt pintsliga väiksemale ribale, seejärel pressisin pikema ribaga kokku ja jätsin katsekehad kuivama pikema riba pealpool, et liim sellest läbi ei imbuks. Proovisin sama liimikoguse saavutamiseks katseribal liimi kaaluda, ent kaal ei tuvastanud liimi raskust, seega loendasin pealekantud pintslitäisi ning võtsin silma järgi samasuguse koguse (pilt 7).



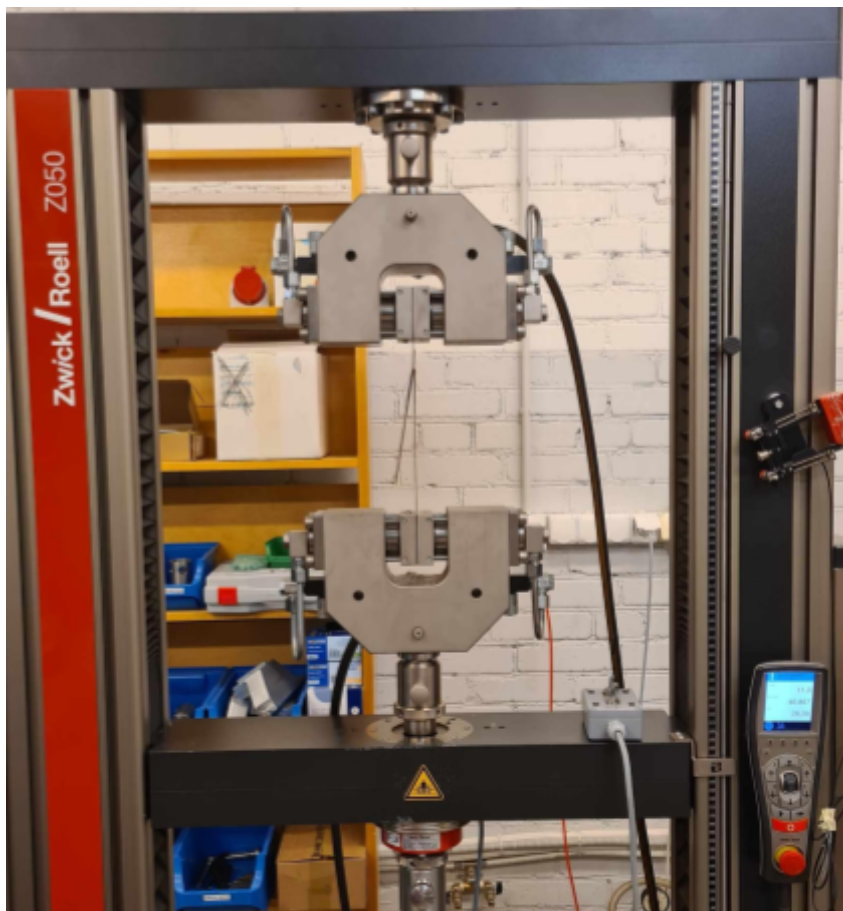
Pilt 7. Katseribale liimi kaalumisel pealekandmise meetodi katsetamine

4.4. Katse läbiviimine

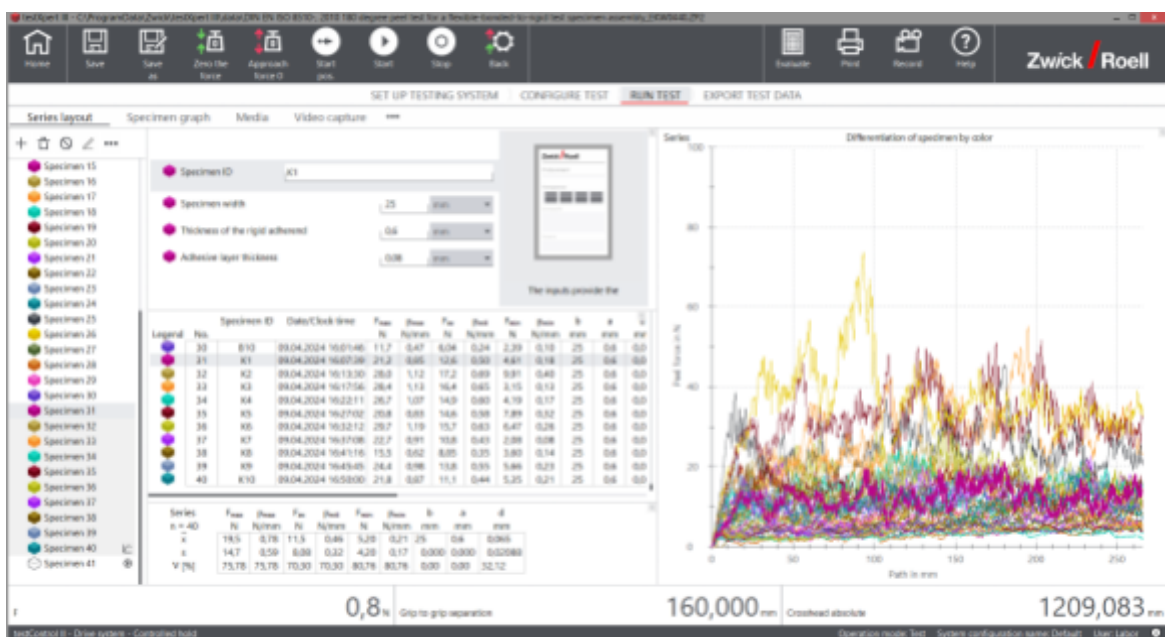


Pilt 8. Tõmbetugevuse katse töös

Katsed viisin läbi tõmbekatse masinaga Zwick/Roell Z050, millega on võimalik teha katseid vastavalt standardile. Tõmbekatse masin rebib katsekehi teineteisest lahti 180-kraadi all (pilt 8). Katse ajal registreeritakse katsekeha aeglasel tõmbamisel teatud pikkuseni rakendatud jõudu (pilt 9). Esimese katse tegemisel näitasid laboritöötajad mulle ette, kuidas protsess käib (pilt 10). Kõige olulisem oli jälgida, et lõuendiribade mõlemad pooled oleksid võimalikult sirgelt haaratsite vahel. Pärast esimest katset tegin kõik ülejäänud katsed iseseisvalt. Õnneks ei tekkinud mingeid probleeme ja kõik sujus.



Pilt 9. Tõmbekatses masin Zwick/Roell Z050



Joonis 10. Ekraanipilt tõmbekatsesest

4.5. Polüamiid (P)

Polüamiidi tõmbekatse tulemuste analüüs pakub põhjalikku ülevaadet materjali tõmbetugevusest (joonis 2).

Specimen ID	Date/Clock time	Fmax	pmax	Fav	pmit	Fmin	pmin	Beginning of the measurement travel	End of the measurement travel	b	a	d
		N	N/mm	N	N/mm	N	N/mm	mm	mm	mm	mm	mm
P10	45391.56	55.09	2.20	30.87	1.23	13.68	0.55	50	260	25	0.6	0.09
P1	45391.57	13.37	0.53	6.62	0.26	2.27	0.09	50	260	25	0.6	0.09
P2	45391.57	51.56	2.06	33.36	1.33	21.06	0.84	50	260	25	0.6	0.09
P3	45391.57	28.96	1.16	17.29	0.69	8.34	0.33	50	260	25	0.6	0.09
P4	45391.58	18.63	0.75	12.45	0.50	8.45	0.34	50	260	25	0.6	0.09
P5	45391.58	19.59	0.78	13.37	0.53	6.53	0.26	50	260	25	0.6	0.09
P6	45391.59	15.00	0.60	9.70	0.39	4.66	0.19	50	260	25	0.6	0.09
P7	45391.59	8.22	0.33	4.58	0.18	2.15	0.09	50	260	25	0.6	0.09
P8	45391.59	45.41	1.82	25.10	1.00	13.74	0.55	50	260	25	0.6	0.09
P9	45391.60	73.60	2.94	37.41	1.50	12.32	0.49	50	260	25	0.6	0.09
		32.94		19.07								
		20.88		11.17								

Joonis 2. Polüamiidiga katsete tulemused. Esimeses veerus on nummerdatud katsekehad, kõige olulisemad näitajad on kolmanda veeru lõpus kõikide katsekehade maksimaalse rakendatud tõmbejõu keskmine 32,94 N ja viienda veeru lõpus katsekehade tõmbejõu keskmine 19,07 N.

Tulemused näitavad, et keskmine tõmbetugevus kümnel katsekehal on 19,07 N. See väärtus annab ülevaate sellest, milline on polüamiidi tõmbetugevus tavatingimustes, võttes arvesse kõigi katsekehade tulemusi. Keskmise tõmbetugevuse standardhälve (edaspidi sd ehk *standard deviation*) on 11,17. Standardhälve aitab mõista, kui suur on mõõtmistulemuste hajuvus keskmise väärtuse ümber. Kui standardhälvest arvutada variatsioonikoefitsient (edaspidi cv ehk *coefficient of variation*), saame järgmise tulemuse: $(11,17 : 19,07) \times 100 = 58,6\%$. See näitab, et keskmine tõmbetugevus võib varieeruda 58,6% ulatuses, mis viitab sellele, et materjali tõmbetugevus võib olla erinevate katsekehade vahel üsna kõikumine. Lisaks keskmisele tõmbetugevusele on oluline vaadata ka maksimaalset mõõdetud tõmbetugevust. Maksimaalne tõmbetugevus polüamiidi tõmbekatsetes oli 32,94 N. See näitab, et teatud tingimustel võib polüamiid taluda märkimisväärselt suuremat tõmbekoormust kui keskmine väärtus. Maksimaalse tõmbetugevuse sd on 20,88 ja cv on $(20,88 : 32,94) \times 100 = 63,4\%$. See viitab sellele, et maksimaalne tõmbetugevus võib varieeruda 63,4% ulatuses, mis näitab suurt erinevust materjali taluvusvõimes erinevatel katsekehadel. Kokkuvõttes näitavad polüamiidi

tõmbekatse tulemused, et materjali tõmbetugevus võib olla üsna varieeruv nii keskmise kui ka maksimaalse tõmbetugevuse puhul. Keskmise tõmbetugevuse cv on 58,6%, mis näitab märkimisväärtset hajuvust keskmise väärtuse ümber. Maksimaalse tõmbetugevuse cv on 63,4%, mis samuti viitab suurele varieeruvusele. Need tulemused rõhutavad vajadust põhjaliku testimise järele, et paremini mõista polüamiidi käitumist tõmbejõu all ja tagada materjali usaldusväärne kasutamine erinevates rakendustes.

4.6. Õhuke BEVA kile (Õ)

Õhukese Beva kile tõmbetugevuse katse tulemused annavad selge ülevaate materjali mehaanilisest tugevusest ja selle varieeruvusest (joonis 3).

Specimen ID	Date/Clock time	Fmax	pmax	Fav	pmit	Fmin	pmin	Beginning of the measurement travel	End of the measurement	b	a	d
		N	N/mm	N	N/mm	N	N/mm	mm	mm	mm	mm	mm
Õ1	45391.60	7.54	0.30	4.99	0.20	2.62	0.10	50	260	25	0.6	0.04
Õ2	45391.61	7.33	0.29	3.39	0.14	0.77	0.03	50	260	25	0.6	0.04
Õ3	45391.61	9.54	0.38	6.06	0.24	1.44	0.06	50	260	25	0.6	0.04
Õ4	45391.62	6.71	0.27	4.27	0.17	2.30	0.09	50	260	25	0.6	0.04
Õ5	45391.62	7.23	0.29	3.80	0.15	1.75	0.07	50	260	25	0.6	0.04
Õ6	45391.62	5.59	0.22	3.41	0.14	1.34	0.05	50	260	25	0.6	0.04
Õ7	45391.62	6.67	0.27	4.36	0.17	2.37	0.09	50	260	25	0.6	0.04
Õ8	45391.63	5.00	0.20	3.33	0.13	1.51	0.06	50	260	25	0.6	0.04
Õ9	45391.63	7.49	0.30	4.81	0.19	3.21	0.13	50	260	25	0.6	0.04
Õ10	45391.63	7.51	0.30	4.92	0.20	1.56	0.06	50	260	25	0.6	0.04
		7.06		4.33								
		1.16		0.84								

Joonis 3. Õhukese Beva kilega tehtud katsete tulemused. Esimeses veerus on nummerdatud katsekehad, kõige olulisemad näitajad on kolmanda veeru lõpus kõikide katsekehade maksimaalse rakendatud tõmbejõu keskmine 7.06 N ja viienda veeru lõpus katsekehade tõmbejõu keskmine 4.33 N.

Katse tulemused näitavad, et keskmine tõmbetugevus kümnel katsekehal on 4,33 N. Keskmise väärtuse juures on oluline arvestada ka tulemuste varieeruvust, mida väljendab standardhälve. Antud juhul on keskmise tõmbetugevuse sd 0,84. Kui arvutada variatsioonikoefitsient cv saame vastuseks $(0,84 : 4,33) \times 100 = 19,4\%$. See näitab, et keskmine tõmbetugevus võib varieeruda umbes 19,4% ulatuses, mis tähendab mõõdukalt hajuvust keskmise väärtuse ümber. Katsetes mõõdeti ka maksimaalne tõmbetugevus, mis oli 7,06 N. Maksimaalse tõmbetugevuse sd on 1,16 ning selle cv protsendiks saame $(1,16 / 7,06) \times 100 = 16,4\%$. See viitab sellele, et maksimaalne tõmbetugevus võib varieeruda umbes 16,4% ulatuses, mis näitab suhteliselt väikest muutust võrreldes keskmise

väärtusega. Kokkuvõttes näitavad õhukese Beva kile tõmbetugevuse katse tulemused, et materjali keskmine tõmbetugevus on 4,33 N ja maksimaalne mõõdetud tõmbetugevus on 7,06 N. Keskmise tõmbetugevuse cv on 19,4%, mis viitab mõõdukale hajuvusele, samas kui maksimaalse tõmbetugevuse cv on 16,4%, mis näitab väiksemat varieeruvust. Need tulemused annavad olulist teavet Beva kile kasutamise kohta erinevates rakendustes, aidates mõista materjali tugevust ja usaldusväärsust tõmbejõu all.

4.7. Paks BEVA kile (B)

Analüüsides paksema Beva 371 tõmbekatse tulemusi, saadi järgmised tulemused. Katsetel mõõdeti keskmiseks tõmbetugevuseks 8,98 N (joonis 4).

Specimen ID	Date/Clock time	Fmax	pmax	Fav	pmit	Fmin	pmin	Beginning of the measurement travel	End of the measurement travel	b	a	d
		N	N/mm	N	N/mm	N	N/mm	mm	mm	mm	mm	mm
B1	45391.64	16.17	0.65	11.64	0.47	7.81	0.31	50	260	25	0.6	0.05
B2	45391.64	18.48	0.74	9.91	0.40	3.44	0.14	50	260	25	0.6	0.05
B3	45391.65	12.90	0.52	9.65	0.39	5.59	0.22	50	260	25	0.6	0.05
B4	45391.65	15.72	0.63	11.31	0.45	6.45	0.26	50	260	25	0.6	0.05
B5	45391.65	10.56	0.42	6.66	0.27	3.44	0.14	50	260	25	0.6	0.05
B6	45391.66	10.67	0.43	7.50	0.30	4.53	0.18	50	260	25	0.6	0.05
B7	45391.66	16.58	0.66	9.92	0.40	2.31	0.09	50	260	25	0.6	0.05
B8	45391.66	13.05	0.52	8.98	0.36	4.21	0.17	50	260	25	0.6	0.05
B9	45391.66	13.15	0.53	8.14	0.33	2.98	0.12	50	260	25	0.6	0.05
B10	45391.67	11.67	0.47	6.04	0.24	2.39	0.10	50	260	25	0.6	0.05
		13.90		8.98								
		2.56		1.78								

Joonis 4. Paksema Beva katse tulemused. Esimeses veerus on nummerdatud katsekehad, kõige olulisemad näitajad on kolmanda veeru lõpus kõikide katsekehade maksimaalse rakendatud tõmbejõu keskmine 13.90 N ja viienda veeru lõpus katsekehade tõmbejõu keskmine 8.98 N.

Selle keskmise tõmbetugevuse varieeruvust iseloomustab standardhälve, mis on 1,78. Variatsioonikoefitsiendiks saame arvutusega $(1,78 : 8,98) \times 100 = 19,8\%$. See tähendab, et keskmine tõmbetugevus võib varieeruda umbes 19,8% ulatuses, näidates mõõdukat hajuvust keskmise väärtuse ümber. Maksimaalse tõmbetugevuse mõõtmised andsid tulemuseks 13,90 N. Selle maksimaalse tõmbetugevuse sd oli 2,56. Arvutades cv saame tulemuseks $(2,56 : 13,90) \times 100 = 18,4\%$. See viitab sellele, et maksimaalne tõmbetugevus võib varieeruda umbes 18,4% ulatuses, mis tähendab suhteliselt väikest erinevust võrreldes keskmise väärtusega. Kokkuvõttes näitavad paksema Beva 371 tõmbekatse tulemused, et materjali keskmine tõmbetugevus on 8,98 N ja maksimaalne mõõdetud tõmbetugevus on

13,90 N. Keskmise tõmbetugevuse cv on 19,8%, mis viitab mõõdukale hajuvusele, samas kui maksimaalse tõmbetugevuse cv on 18,4%, mis näitab veidi väiksemat varieeruvust. Need tulemused annavad olulist teavet Beva 371 paksu kile kasutamise kohta erinevates rakendustes, aidates mõista materjali tugevust ja usaldusväärsust tõmbejõu all.

4.8. Kalaliim + nisukliister (K)

Analüüsides kalaliimi ja nisukliistri segu tõmbekatse tulemusi, saadi järgmised tulemused (joonis 5).

Specimen ID	Date/Clock time	Fmax	pmax	Fav	pmit	Fmin	pmin	Beginning of the measurement travel	End of the measurement travel	b	a	d
		N	N/mm	N	N/mm	N	N/mm	mm	mm	mm	mm	mm
K1	45391.67	21.16	0.85	12.57	0.50	4.61	0.18	50	260	25	0.6	0.08
K2	45391.68	28.02	1.12	17.21	0.69	9.91	0.40	50	260	25	0.6	0.08
K3	45391.68	28.37	1.13	16.36	0.65	3.15	0.13	50	260	25	0.6	0.08
K4	45391.68	26.75	1.07	14.88	0.60	4.19	0.17	50	260	25	0.6	0.08
K5	45391.69	20.79	0.83	14.60	0.58	7.89	0.32	50	260	25	0.6	0.08
K6	45391.69	29.67	1.19	15.73	0.63	6.47	0.26	50	260	25	0.6	0.08
K7	45391.69	22.71	0.91	10.80	0.43	2.08	0.08	50	260	25	0.6	0.08
K8	45391.70	15.50	0.62	8.85	0.35	3.60	0.14	50	260	25	0.6	0.08
K9	45391.70	24.44	0.98	13.80	0.55	5.66	0.23	50	260	25	0.6	0.08
K10	45391.70	21.75	0.87	11.12	0.44	5.35	0.21	50	260	25	0.6	0.08
		23.92		13.59								
		4.15		2.56								

Joonis 5. Kalaliimi ja nisukliistri segu katse tulemused. Esimeses veerus on nummerdatud katsekehad, kõige olulisemad näitajad on kolmanda veeru lõpus kõikide katsekehade maksimaalse rakendatud tõmbejõu keskmine 23,92 N ja viienda veeru lõpus katsekehade tõmbejõu keskmine 13,59 N.

Keskmiseks tõmbetugevuseks mõõdeti 13,59 N. Selle keskmise tõmbetugevuse varieeruvust iseloomustab sd, mis on 2,56. Variatsioonikoefitsient on $(2,56 : 13,59) \times 100 = 18,8\%$. See tähendab, et keskmine tõmbetugevus võib varieeruda umbes 18,8% ulatuses, näidates mõõdukat hajuvust keskmise väärtuse ümber. Maksimaalse tõmbetugevuse mõõtmised andsid tulemuseks 23,92 N. Selle maksimaalse tõmbetugevuse sd oli 4,15. Kui arvutada sd saame tulemuseks $(4,15 / 23,92) \times 100 = 17,3\%$. Kalaliimi ja nisukliistri segu tõmbekatse tulemused näitavad, et materjali keskmine tõmbetugevus on 13,59 N ja maksimaalne mõõdetud tõmbetugevus on 23,92 N. Keskmise tõmbetugevuse cv on 18,8%, mis viitab mõõdukale hajuvusele, samas kui maksimaalse tõmbetugevuse cv on 17,3%, mis näitab veidi väiksemat varieeruvust. Need tulemused annavad olulist teavet kalaliimi ja nisukliistri segu kasutamise kohta erinevates rakendustes, aidates mõista materjali tugevust ja usaldusväärsust tõmbejõu all.

4.9. Liimide võrdlus

Tõmbetugevuse katsel kasutatud erinevate liimide katsete koondtulemused on toodud tabelis 2.

Tabel 2. Tõmbekatsel kasutatud erinevate liimide tulemuste võrdlus

Näitaja	Polüamiid	Paksem Beva	Õhuke beva	Kalaliimi ja nisukliistri segu
Keskmine tõmbetugevus	19,07 N	8,98 N	4,33 N	13,59 N
Keskmise tõmbetugevuse standardhälve sd	11,17	1,78	0,84	2,56
Keskmise tõmbetugevuse variatsioonikoefitsient cv	58,6%	19,8%	19,4%	18,8%
Maksimaalne tõmbetugevus	32,94 N	13,90 N	7,06 N	23,92 N
Maksimaalse tõmbetugevuse standardhälve sd	20,88	2,56	1,16	4,15
Maksimaalse tõmbetugevuse variatsioonikoefitsient cv	63,4%	18,4%	16,4%	17,3%

Kõige suurem keskmine tõmbetugevus on polüamiidil (19,07 N), millele järgnevad kalaliimi ja nisukliistri segu (13,59 N), paksem Beva 371 (8,98 N) ja õhuke Beva 371 (4,33 N). See näitab, et polüamiid on kõige tugevam liim, kui arvestada tõmbetugevust.

Kõige madalam keskmise tõmbetugevuse variatsioonikoefitsient on õhukesel Beva 371-l (19,4%), millele järgnevad paksem Beva 371 (19,8%), kalaliimi ja nisukliistri segu (18,8%) ja polüamiid (58,6%).

Madal variatsioonikoefitsient tähendab, et tulemused on vähem hajuvad ja ennustatavamad. Õhuke ja paksem Beva 371 ning kalaliimi ja nisukliistri segu on seega stabiilsemad ja ühtlasemad võrreldes polüamiidiga.

Polüamiidil on ka kõrgeim maksimaalne tõmbetugevus (32,94 N), millele järgnevad kalaliimi ja nisukliistri segu (23,92 N), paksem Beva 371 (13,90 N) ja õhuke Beva 371 (7,06 N). Jällegi näitab see, et polüamiid on kõige vastupidavam materjal maksimaalse koormuse all.

Kõige madalam maksimaalse tõmbetugevuse variatsioonikoefitsient on õhukesel Beva 371-l (16,4%), millele järgnevad paksem Beva 371 (18,4%), kalaliimi ja nisukliistri segu (17,3%) ja polüamiid (63,4%). See viitab sellele, et õhuke Beva 371 on maksimaalse tõmbetugevuse osas kõige ennustatavam ja stabiilsem.

Katsete tulemustest võib teha järgmised järeldused. Polüamiid on parim valik, kui prioriteediks on kõrge tõmbetugevus, kuid sellega tehtud liimliite tugevus on väga varieeruv ja seega on selle polüamiidi liimliite käitumist raskem ennustada. Paksem ja õhuke Beva 371 annavad madalama tõmbetugevusega liimliite, kuid saadud liimliite vastupidavus tõmbele on stabiilsem ja vähem varieeruvam.. Kalaliimi ja nisukliistri segu pakub head tasakaalu tõmbetugevuse ja stabiilsuse vahel, olles parem kui Beva 371 mõlemas vormis, kuid mitte nii tugev kui polüamiid.

Kokkuvõttes sõltub liimi valik konkreetsest vajadusest: kui otsitakse kõrgeimat tõmbetugevust, on parim valik polüamiid, samas tõmbetugevuse katse tulemuste põhjal võib öelda, et stabiilsuse ja ühtluse jaoks võiks eelistada Beva 371 või kalaliimi ja nisukliistri segu.

Enne testide tegemist püstitasin ma uurimisküsimuse, kas liimi siduvus lõuendiga mõjutab tõmbetugevust ning hüpoteesiks oli, et sünteetilised liimid on vastupidavamad, võrreldes loomsete liimidega.

Tõmbetugevuse testide tulemused kinnitavad, et liimi siduvus lõuendiga mõjutab tõmbetugevust: Polüamiid (sünteetiline liim) näitas kõige suuremat keskmist tõmbetugevust (19,07 N) ja maksimaalset tõmbetugevust (32,94 N), mis tõestab, et selle liimi siduvus lõuendiga on väga tugev. Kalaliimi ja nisukliistri segu (looduslik liim) näitas samuti kõrgeid tõmbetugevuse väärtusi, kuid mitte nii kõrgeid kui polüamiid.

Hüpotees, et sünteetilised liimid on vastupidavamad kui loomsed, saab osaliselt kinnitust. Polüamiid on tõesti kõige tugevam liim tõmbetugevuse osas. Beva 371 (sünteetiline) on stabiilsem ja ühtlasem kui polüamiid, kuid mitte nii tugev. Kalaliimi ja nisukliistri segu pakub paremat tasakaalu tõmbetugevuse ja stabiilsuse vahel võrreldes Beva 371-ga.

Järeldused:

1. Polüamiid on parim valik, kui prioriteediks on kõrge tõmbetugevus, kuid see võib varieeruda.
2. Beva kile (nii õhuke kui ka paksem) pakub madalamat tõmbetugevust, kuid suuremat stabiilsust ja ennustatavust.
3. Kalaliimi ja nisukliistri segu pakub head tasakaalu tõmbetugevuse ja stabiilsuse vahel.

Seega, kuigi sünteetilised liimid on üldiselt vastupidavamad, pakuvad loomsed liimid mõningaid eeliseid stabiilsuse ja ühtluse osas. Sünteetiliste liimide suurem kasutamine on põhjendatud nende üldiselt paremate omadustega, kuid valik sõltub alati konkreetsetest vajadustest ja tingimustest konserveerimistöös.

4.10. Katsetulemuste varieeruvuse põhjused

Liimikihi paksus liidetavate pindade vahel mõjutab liite tugevust mitmel viisil. Liiga paks liimijoone kiht, mis koosneb termoplastilisest liimist, kipub roomama ehk järk-järgult kuju muutma ja pikemaajalise koormuse tingimustes purunema. Mõnel juhul piiravad jäigad liidetud pinnad plastilise liimi liikumist (plastiline piirang), kuid ainult juhul, kui liimijoone paksus on piisavalt õhuke, et selle sisemine voolavusomadus (reoloogilised omadused) ei ole domineeriv tegur. Liimid võivad olla kõvad ja haprad kas siis nende endi omaduste tõttu (nagu madal molekulmass või tugevad ristisidemed), madalal temperatuuril (klaasistumistemperatuurist madalamal muutub liim hapraks ja jäigaks) või liigse kuivamise tõttu (näiteks nahaliimid). Selliste haprate liimide puhul võib paks liimijoon tekitada servadel vigu ja lõhesid, mis toimivad pingete kogujatena ja põhjustavad pragude levikut läbi liimi, põhjustades purunemist. Tihedalt sobivad pinnad ja õhukesed liimijooned on üldiselt soovitatavad, kuid ka sellel reeglil on piirid. Kui liidetavatele pindadele avaldatakse liiga palju survet õhukese liimijoone loomiseks, surutakse pindade kõrgemad kohad kokkusurutud olekusse ja need võivad seejärel pärast klambrite eemaldamist liimijoonele pidevat stressi avaldada. See stress võib põhjustada deformatsiooni ehk kuju muutumist ja järgnevat purunemist kas plastilise voolamise või liimi sisemise purunemise tõttu. (Thornton, 1998)

Mõjutegureid, mis võivad põhjustada suurt vastuste varieeruvust, on mitmeid. Esiteks, tuleb arvestada, et linalõuend on looduslik materjal, mille kiud on erimõõtmelised. Mõned kiud võivad olla peenemad, teised paksemad, ja aeg-ajalt võivad tekkida ka kiudude puntrad. Lisaks varieerub lõuendi kude hõreduselt ja tiheduselt, olenevalt kiudude erinevusest, ning see varieeruvus võib esineda isegi ühel ja samal lõuendikangal. Seega, kui lõuendi kiud erinevad, võib ka liimi haarduvus varieeruda.

Oluline mõjutegur on ka polüamiidi kile ebaühtlus, mis võis kohati paksemate alade tõttu tõmbetugevust suurendada. Veel võib mängida olulist rolli liimi pealekandmise meetod. Erinevad pealekandmisviisid võivad põhjustada erineva liimikoguse jaotumist ning seeläbi mõjutada tõmbetugevuse tulemusi.

4.11. Võrdlus Reuberi (2008) tulemustega

Selles alapeatükis võrdlen enda tulemusi Reuberi töös avaldatud tulemustega (vt pt 4.1), kuna tegemist on sarnaste katsetega.

4.11.1. Beva 371 ja õhuke Beva kile

Õhukese Beva kile keskmine tõmbetugevus (4,33 N) on oluliselt suurem kui Reuberi Beva 371 keskmine tõmbetugevus (1,54 N). Samuti on õhukese Beva kile maksimaalne tõmbetugevus (7,06 N) tunduvalt suurem kui Reuberi Beva 371 maksimaalne tõmbetugevus (1,92 N). Õhukese Beva kile variatsioonikordaja keskmise tõmbetugevuse puhul on 19,4%, mis näitab mõõdukat varieeruvust, võrreldes Reuberi katse kõrge variatsioonikordajaga 42%, mis viitab suuremale hajuvusele. Õhukese Beva kile variatsioonikordaja maksimaalse tõmbetugevuse puhul on 16,4%, mis on samuti madalam kui Reuberi tulemuste variatsioonikordaja 42%. Õhukese Beva kile tõmbetugevuse jaotumine on kitsam ja vähem varieeruv, võrreldes Reuberi katse tulemustega, kus enamik väärtusi jääb kas ülemisse või alumisse kvartiili, mitte keskmise ümber.

Kokkuvõtvalt: Õhukese Beva kile tõmbetugevus on suurem ja ühtlasem võrreldes Beva 371 tõmbetugevusega Reuberi analüüsi järgi. Õhukese Beva kile variatsioonikordaja on madalam, mis tähendab, et tulemused on stabiilsemad ja vähem hajuvad. Reuberi tulemused näitavad suuremat varieeruvust ja madalamat tõmbetugevust, mis viitab sellele, et Beva 371 tõmbetugevuse omadused on vähem usaldusväärsed ja nende jaotumine on laiem.

4.11.2. Polüamiid

Maksimaalne tõmbetugevus on 32,94 N, mis on oluliselt kõrgem kui Reuberi maksimaalne tõmbetugevus, mis jääb vahemikku 3,53–5,02 N. See näitab, et minu katsetes on mõõdetud palju suuremaid tõmbetugevuse väärtusi. Minu polüamiidi katse maksimaalse tõmbetugevuse variatsioonikoeffitsient on 63,4%, samas kui Reuberil on see 31%. See tähendab, et minu katsetes on tulemuste varieeruvus suurem kui Reuberi katsetes, mis viitab suuremale ebaühtlusele ja võimalikele erinevustele katsetingimustes või materjalides.

Kokkuvõttes näitavad minu ja Reuberi katsetulemused olulisi erinevusi polüamiidi tõmbetugevuses ja tulemuste varieeruvuses. Minu katsetes saadud maksimaalne

tõmbetugevus on palju suurem, kuid tulemuste varieeruvus on samuti oluliselt suurem. Reuberi andmed viitavad stabiilsematele ja usaldusväärsematele tulemustele, kus maksimaalne tõmbetugevus jääb väiksemasse vahemikku ja varieeruvus on väiksem. Need erinevused võivad tuleneda erinevatest katsetingimustest, materjalide erinevustest või mõõtmismetoodikatest.

4.11.3. Kalaliimi ja nisukliistri segu

Minu katse maksimaalne tõmbetugevus on 23,92 N, mis on oluliselt kõrgem kui Reuberi maksimaalne tõmbetugevus, mis jääb vahemikku 6,86–10,22 N. Minu katsetes on saadud palju suuremaid tõmbetugevuse väärtusi. Minu tulemuste varieeruvus on märgatavalt väiksem (18,8% ja 17,3%) võrreldes Reuberi tulemuste varieeruvusega (34%). See näitab, et minu katsetulemused on ühtlasemad ja stabiilsemad.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et minu ja Reuberi katsetulemused kalaliimi ja nisukliistri segu kohta näitavad olulisi erinevusi maksimaalses tõmbetugevuses ja tulemuste varieeruvuses. Minu katsetes saadud maksimaalne tõmbetugevus on palju suurem ja tulemuste varieeruvus väiksem, mis viitab ühtlasematele ja stabiilsematele katsetulemustele. Reuberi andmed viitavad suuremale varieeruvusele ja väiksemale maksimaalsele tõmbetugevusele, mis võib tuleneda erinevatest katsetingimustest, retseptist, materjalide kvaliteedierinevusest või mõõtmismetoodikatest.

KOKKUVÕTE

Lõputöö esimeses peatükis andsin ülevaate kunsti konserveerimise ajaloost. Algusaastatel oli konserveerimine tänapäeva mõistes pigem restaureerimine, kuna keskenduti kunstiteose algse tähenduse ja rolli säilitamisele, mitte autori loomingule. Katkisi osi uuendati sageli ülemaalimise teel. Tänapäeval on konserveerimise eesmärk säilitada teose algupärasus ja autori looming võimalikult vähese sekkumisega.

Teises peatükis tutvustasin küsitlusega hõlmatud liime ja mõningaid lõputöös käsitletud liime ning nende omadusi. Liimid jagunevad loomsed, sünteetilised ja taimsed. Loomsetest liimidest on tuntuim näiteks kalaliim, mida kasutatakse konserveerimisel. Sünteetilisest liimidest on tuntud PVA-liim ja Beva, mis on spetsiaalselt konserveerimiseks loodud. Tähtsaliime kasutatakse peamiselt paberi liimimisel ja teiste liimide koostisosana.

Kolmandas peatükis kajastatud küsitluses selgus, et maalikonserveerijate seas eelistatakse sünteetilisi liime nagu Beva 371 paksem ja õhem kile, Lascaux Polyamide Textile Welding Powder 5350 ja Lascaux Acrylic Glue 498 HV. Looduslikke liime kasutatakse vähem, näiteks kalaliimi, želatiini ja nisutärklist. Olulisemad omadused liimi valikul on tagasipööratavus, pikaajaline stabiilsus ja kasutusmugavus.

Neljandas peatükis käsitlesin liimide tõmbetugevuse katseid. Polüamiidil oli kõige suurem keskmine (19,07 N) ja maksimaalne (32,94 N) tõmbetugevus, mis näitab selle liimi tugevust. Kalaliimi ja nisukliistri segu näitas samuti kõrgeid tõmbetugevuse väärtusi, kuid mitte nii kõrgeid kui polüamiid. Beva 371 pakub madalamat tõmbetugevust, kuid stabiilsemat ja ennustatavamat tulemust.

Lõputöö uurimisküsimus oli, kas liimi siduvus lõuendiga mõjutab tõmbetugevust, ning hüpoteesiks, et sünteetilised liimid on vastupidavamad kui loomsed. Tõmbetugevuse testide tulemused kinnitavad, et liimi siduvus lõuendiga mõjutab tõmbetugevust. Polüamiid osutus kõige tugevamaks liimiks, kuid Beva 371 pakub suuremat stabiilsust ja ennustatavust. Kalaliimi ja nisukliistri segu pakub head tasakaalu tõmbetugevuse ja stabiilsuse vahel.

Kokkuvõttes sõltub liimi valik konkreetsest vajadusest. Kõrgeima tõmbetugevuse saavutamiseks on parim valik polüamiid, kuid stabiilsuse ja ühtluse jaoks võiks eelistada

Beva 371 või kalaliimi ja nisukliistri segu. Sünteetiliste liimide suurem kasutamine on põhjendatud nende üldiselt paremate omadustega, kuid loomsed liimid pakuvad mõningaid eeliseid stabiilsuse ja ühtluse osas.

Lõputööd tehes süvenes mu veendumus, et konserveerimine-restaureerimine on valdkond, kus tegutsemine nõuab lisaks käelistele oskustele ka pidevat kursisolekut vastavate teaduslike meetoditega. Uued meetodid ja vahendid tulevad pidevalt juurde, samas kui objektid järjest vananevad. Tulevikus oleks kasulik läbi viia uus küsitlus ja katsetes imiteerida erinevaid kadusid ja rebendeid, et paremini mõista ja arendada restaureerimisprotsesse.

SUMMARY

Adhesives Used in Repairing Canvas Damage in Estonia

The first chapter of this thesis provides an overview of the history of art conservation. In its early days, conservation was more focused on restoration, aiming to preserve the original meaning and role of the artwork rather than the artist's creation. Damaged parts were often renewed through overpainting. Today, the goal of conservation is to maintain the originality of the piece and the artist's work with minimal intervention.

The second chapter explains the adhesives used in the survey and those mentioned in the thesis. Adhesives are categorized into animal, synthetic, and plant-based types. A well-known animal adhesive used in conservation is fish glue, also known as isinglass. Synthetic adhesives include the widely known PVA glue, the first synthetic adhesive used in conservation, and Beva, specifically created for conservation purposes. Starch adhesives are primarily used for paper adhesion and as components in other adhesives.

The survey conducted in the third chapter revealed that synthetic adhesives are preferred among painting conservators, particularly Lascaux Polyamide Textile Welding Powder 5350 and Lascaux Acrylic Glue 498 HV. All five respondents use various Beva 371 films, and two use PVA. Animal adhesives are used less frequently; four respondents use fish glue, one uses gelatin and wheat starch, and one uses a mixture of fish glue and wheat paste. The main criteria for choosing an adhesive are reversibility, long-term stability, and ease of use.

In the fourth chapter, the tensile strength tests of adhesives were discussed. Polyamide showed the highest average tensile strength (19.07 N) and maximum tensile strength (32.94 N), indicating its strong adhesive properties. The mixture of fish glue and wheat paste also demonstrated high tensile strength values, though not as high as polyamide. Beva 371 offers lower tensile strength but provides more stable and predictable results.

The thesis research question was whether the adhesive's bonding to the canvas affects tensile strength, with the hypothesis that synthetic adhesives are more durable than animal ones. The results of the tensile strength tests confirm that the adhesive's bonding to the canvas does affect tensile strength. Polyamide indeed proved to be the strongest adhesive,

but Beva 371 offers greater stability and predictability. The mixture of fish glue and wheat paste provides a good balance between tensile strength and stability.

In conclusion, the choice of adhesive depends on specific needs. For achieving the highest tensile strength, polyamide is the best choice, but for stability and uniformity, Beva 371 or a mixture of fish glue and wheat paste might be preferred. The increased use of synthetic adhesives is justified by their generally superior properties, although animal adhesives offer some advantages in terms of stability and uniformity.

My thesis reinforced my belief that conservation-restoration is a field where, in addition to manual skills, constant familiarity with relevant scientific methods is required. New methods and tools are constantly being introduced, while objects continue to age. In the future, it would be useful to conduct a new survey and simulate various losses and tears in experiments to better understand and develop restoration processes.

KASUTATUD KIRJANDUS

Abdeldayem, M. (2010). *An Investigation into Materials and Techniques for Historical Linings*. Northumbria University. [Magistritöö].

Ackroyd, P. (2002). *The structural conservation of canvas paintings: changes in attitude and practice since the early 1970s*. Studies in Conservation. [WWW] <https://lingid.ee/XBOMH>

Akter, S., Rahman, Md., Naher, J., Majumder, M., Alam, A.K.. (2017). *Fish glue from tilapia scale and skin and its physical and chemical characters*. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. [WWW] <https://lingid.ee/xJRSg>

Andersen, C.K. (2013). *Lined canvas paintings. Mechanical properties and structural response to fluctuating relative humidity, exemplified by the collection of Danish Golden Age paintings at Statens Museum for Kunst (SMK)*. KADK Royal Danish Academy of Fine Arts. [Dokoritöö].

Berger, Gustav A.(1972). *Testing Adhesives for the Consolidation of Paintings*. Studies in Conservation 17, no. 4. [WWW] <https://lingid.ee/vFwVQ>

Bianco, L., Avalor, M., Scattina, A., Croveri, P., Pagliero, C., & Chiantore, O. (2015). *A study on reversibility of BEVA®371 in the lining of paintings*. Journal of Cultural Heritage. [WWW] <https://lingid.ee/vFwVQ>

Bria, C.F. (1986). *The History of the Use of Synthetic Consolidants and Lining Adhesives*. WAAC Newsletter. [WWW] <https://lingid.ee/mHepR>

Britannica veebileht. [WWW] <https://www.britannica.com/> (Kasutatud 14.05.2024, 15.05.2024).

Conservation Supplies Australia koduleht. [WWW] <https://lingid.ee/qjFyX> (Kasutatud 12.02.2024).

Conservation Support Systems koduleht. [WWW] <https://lingid.ee/arxwq> (Kasutatud 15.02.2024).

Conservation Wiki koduleht. BPG Adhesives. [WWW] <https://lingid.ee/ZQsYX> (Kasutatud 23.04.2024).

Conti, A., Glanville, H. (2007.) *A History of the Restoration and Conservation of Works of Art*. [WWW] <https://lingid.ee/mtzec>

Deffner & Johann koduleht. [WWW] <https://lingid.ee/IHVXb> (Kasutatud 05.03.2024).

Eipper, P.-B. (2020). *The conservation of torn canvasses Part I*. ExpoTime. The Conservation of Torn Canvasses. [WWW] <https://lingid.ee/goopJ> (Kasutatud 22.03.2024).

Getty Vocabularies. Art & Architecture Thesaurus® Online. *Arrowroot (starch)*. [WWW] <https://lingid.ee/fdKVd> (Kasutatud 06.05.2024).

Hackney, S. (2004). *Paintings on Canvas: Lining and Alternatives*. Tate Papers No. 2. [WWW] <https://lingid.ee/bAYkH>

Hillyer, L., Tinker, Z., & Singer, P. (1997). *Evaluating the use of adhesives in textile conservation: Part I: An overview and surveys of current use*. The Conservator. [WWW] <https://lingid.ee/XbGTT>

IN SITU Museum and Archive services veebileht. [WWW] <https://lingid.ee/YyICE>

Kesler, M. (2018). *Adhesive use in textile conservation: an update on recent developments and current practice*. University of Glasgow. [Magistritöö].

Knight, E. (2012). *“Gustav Berger’s Original Formula®” Products For Art Conservation*. [WWW] <https://lingid.ee/DMKxn>

Konsa, K. (2008) *Arhivaalide ja trükiste säilitamine*. Tartu: Ajalookirjanduse Sihtasutus Kleio.

Kremer Pigmente. (2002). *Material Safety Data Sheet. BEVA® 371 Film*. [WWW] <https://lingid.ee/xqpoy>

Merilain, K. (2009). *Dubleerimise Poolt ja Vastu*. Eesti Kunstiakadeemia. [Magistritöö].

Mosleh, Y., van Die, M., Gard, W., Breebaart, I., Kuilen, J.-W., van Duin, P., Poulis, J.(2023). *Gelatine adhesives from mammalian and fish origins for historical art objects conservation: How do microstructural features determine physical and mechanical properties?*. Journal of Cultural Heritage. [WWW] <https://lingid.ee/LKGWz>

Museum of Fine Arts Boston veebileht *Material Database. Paraloid B-72*. [WWW] <https://lingid.ee/nwhcP>

Natural Pigments veebileht. *Rabbit Skin Glue*. [WWW] <https://lingid.ee/GWUho>

Ntasi, G., Sbriglia, S., Pitocchi, R., Vinciguerra, R., Melchiorre, C., Dello Ioio, L., Fatigati, G., Crisci, E., Bonaduce, I., Carpentieri, A., Marino, G., & Birolo, L. (2022). *Proteomic Characterization of Collagen-Based Animal Glues for Restoration*. Journal of proteome research. [WWW] <https://lingid.ee/fBFwI>

Petukhova, T. (1989). *Potential Applications of Isinglass Adhesive for Paper Conservation. The Book and Paper Group Annual. Volume Eight*. The American Institute for Conservation. [WWW] <https://lingid.ee/Hgopv>

Podany, J., Garland, K., Freeman, W., Rogers, J. (2001). *Paraloid B-72 as a Structural Adhesive and as a Barrier within Structural Adhesive Bonds: Evaluations of Strength and Reversibility*. Journal of the American Institute for Conservation. [WWW] <https://lingid.ee/ArRwT>

Rahman, A. (2017). *Fish glue from tilapia scale and skin and its physical and chemical characters*. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. [WWW] <https://lingid.ee/dWcvn>

Renaissance Bronze veebileht. [WWW] <https://lingid.ee/HAiwY> (Kasutatud 14.05.2024).

Reuber, L. (2010). *Klebstoffe für die Rissverklebung an Leinengeweben*. CICS (Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaft). [Diplomitöö].

Rogala, D.V., DePriest, P.T., Charola, A.E., Koestler, R.J. (2019). *The Mechanics of Art Materials and Its Future in Heritage Science*. Smithsonian Institution Scholarly Press. [WWW] <https://lingid.ee/Qpvbw>

Roman History 31 BC – AD 117 veebileht. [WWW] <https://lingid.ee/pBkAI> (Kasutatud 14.05.2024).

Schellmann N. C. (2007). *Animal glues: a review of their key properties relevant to conservation*. [WWW] <https://lingid.ee/JRlXf>

Shah, N., A. (2021). *Demystifying Lining - The Genesis, Evolution and Historiography of the Mist-Lining Technique developed by SRAL (mid 1990s-current)*. University of Amsterdam. [Magistritöö].

SIK ISEA veebileht. [WWW] <https://lingid.ee/ChJzq> (Kasutatud 17.05.2024).

Steger, S., Eggert, G., Horn, W. (2022). *Are cellulose ethers safe for the conservation of artwork? New insights in their VOC activity by means of Oddy testing*. [WWW] <https://lingid.ee/aRKrq>

Stoner, J.H., Rushfield, R. (2012). *Conservation of Easel Paintings*. [WWW] <https://lingid.ee/xIPyU>

Thornton, J. (1998). *A Brief History and Review of the Early Practice and Materials of Gap-Filling in the West*. Journal of the American Institute for Conservation. [WWW] <https://lingid.ee/fBFhv>

LISAD

Lisa 1 Lõuendi liimimine maali konserveerimises küsitlus

Lõuendi liimimine maalikonserveerimises

Küsitluse eesmärk on koguda teavet tänapäeval, aastal 2023-2024, tegutsevate Eesti maalikonserveerimise lõuendikadude parandamisel kasutatavate liimide kohta. Tulemusi kasutan mina, Kõrgem Kunstikool Pallas maali restaureerimistudeng, Hanna Kuusvere oma bakalaureuse lõputöös, mida ma kindlasti jagan kui selle valmis saan. Lõputöö teemaks on lõuendikadude parandamisel/täitmisel kasutatavad liimid Eestis, ehk töös uurin konserveerimisliimide ajalugu ning analüüsin ja dokumenteerin Eestis konserveerimises/restaureerimises lõuendikadude parandamisel kasutatavaid liime. Teie, kui vastaja isik jääb anonüümseks ning vastamiseks kulub u. 15 minutit.

Aitäh, et leidsite aega vastamiseks,
Hanna Kuusvere
hanna.kuusvere@pallasart.ee

* Viitab kohustuslikule küsimusele

1. Mis asutuses töötate maalikonserveerimise asutajana? *

Märkige kõik sobivad.

- ☐ Konserveerimis- ja digiteerimiskeskus Kanut
- ☐ Tartu Kunstimuseum
- ☐ Eesti Kunstiakadeemia
- ☐ Eesti Kunstimuseum
- ☐ Muu: _____

2. 2. Mis liime olete kasutanud lõuendikadude parandamisel? *

*vastuse variandid võetud Deffner& Johann ja Kremer liimide sortimendist

Märkige kõik sobivad.

- ☐ Jänesenaha liim, jahvatatud
- ☐ Jänesenaha liim, kuubitatud
- ☐ Jänesenaha liim, pärlid
- ☐ Kalaliim
- ☐ Vedel kalaliim
- ☐ Kalaliimikile, graanulid
- ☐ Kondiliim, pärlid
- ☐ Lascaux Polyamide Textile Welding Powder 5350
- ☐ Lascaux® Acrylic Glue 498 HV
- ☐ Paraloid B-72
- ☐ PVA
- ☐ Liimide segu
- ☐ BEVA® 371 Film thick (65 µ)
- ☐ BEVA® 371 Film thin (25 µ)
- ☐ Muu: _____

3. 3. Kui vastasid liimide segu, siis palun kirjuta mis liimid

4. 4. Mis liime ei ole kasutanud lõuendikadude parandamisel? *

*vastuse variandid võetud Deffner& Johann ja Kremer liimide sortimendist

Märkige kõik sobivad.

- ☐ Jänesenaha liim, jahvatatud
- ☐ Jänesenaha liim, kuubitatud
- ☐ Jänesenaha liim, pärlid
- ☐ Kalaliim
- ☐ Vedel kalaliim
- ☐ Kalaliimikile, graanulid
- ☐ Kondiliim, pärlid
- ☐ Lascaux Polyamide Textile Welding Powder 5350
- ☐ Lascaux® Acrylic Glue 498 HV
- ☐ Paraloid B-72
- ☐ PVA
- ☐ Muu: _____

5. 5. Mis põhjusel ei ole ülaltoodud liime kasutanud? *

Märkige kõik sobivad.

- ☐ Ei ole aega/võimalust kasutada/katsetada
- ☐ Tagasipööratavus ei ole hea
- ☐ Muudab värvi
- ☐ Ei ole mugav kasutada
- ☐ Liiga kallid
- ☐ Klaasistub/ krakleeb
- ☐ Ei ole stabiilne
- ☐ Tervis- ja ohutus
- ☐ Muu: _____

6. 6. Mis liimi kasutate kõige enam lõuendikadude parandamisel? *

Märkige kõik sobivad.

- ☐ Jänesenaha liim, jahvatatud
- ☐ Jänesenaha liim, kuubitatud
- ☐ Jänesenaha liim, pärlid
- ☐ Kalaliim
- ☐ Vedel kalaliim
- ☐ Kalaliimikile, graanulid
- ☐ Kondiliim, pärlid
- ☐ Lascaux Polyamide Textile Welding Powder 5350
- ☐ Lascaux® Acrylic Glue 498 HV
- ☐ Paraloid B-72
- ☐ PVA
- ☐ BEVA® 371 Film thick (65 µ)
- ☐ BEVA® 371 Film thin (25 µ)
- ☐ Muu: _____

7. 7. Mis liime olete kasutanud lõuendi äärte dubleerimisel? *

Märkige kõik sobivad.

- ☐ Lascaux Heat Seal Adhesive 375 in Solution
- ☐ Lascaux Heat Seal Adhesive 375 Dry Mixture
- ☐ Lascaux Acrylic Adhesive 498 HV
- ☐ Lascaux Acrylic Adhesive 498 20 X
- ☐ Lascaux Acrylic Adhesive, 303 HV
- ☐ Lascaux Adhesive Wax 443-95
- ☐ Gustav Berger's O. F.® 371 (BEVA® 371)
- ☐ Acryloid B-67 (Acryloid F-10)
- ☐ BEVA® 371 Film thick (65 µ)
- ☐ BEVA® 371 Film thin (25 µ)
- ☐ BEVA® D-8 S Dispersion
- ☐ Plextol B500
- ☐ Paraloid B-72
- ☐ Agar-Agar
- ☐ Kummi araabik
- ☐ Muu: _____

8. 8. Mis tegureid arvestate lõuendil kasutatava liimi valikul? *

Märkige kõik sobivad.

- ☐ Pika ajaline stabiilsus
- ☐ Tagasipööratavus
- ☐ Värvus pärast kinnitamist
- ☐ Kõvadus pärast kinnitamist
- ☐ Rabedus pärast kinnitamist
- ☐ Tundlikkus niiskuse ja temperatuuri suhtus
- ☐ Tervis-ja ohutus
- ☐ Hind
- ☐ Kasutusmugavus
- ☐ Muu: _____

9. 9. Mis lõuendiriiet eelistate linalõuendi parandamisel? *

*vastuse variandid võetud Deffner& Johann lõuendi sortimendist

Märkige kõik sobivad.

- ☐ Belgian Linen Raw 155 g/m², Thread count 12 x 13 cm²
- ☐ Belgian linen raw 100 g/m², thread count 13 x 13 cm²
- ☐ Polyester Fabric 269 g/m²
- ☐ Belgian Linen Raw 190 g/m², Thread count 25 x 25 cm²
- ☐ Belgian linen raw 350 g/m², thread count 12 x 10 cm²
- ☐ Belgian Linen Raw 340 g/m², Thread count 20 x 15 cm²
- ☐ Belgian Linen Raw 305 g/m², Thread count 13,2 x 14,65 cm²
- ☐ Belgian Linen Raw 305 g/m², Thread count 15 x 11,5 cm²
- ☐ Belgian linen raw 230 g/m², thread count 16 x 16 cm²
- ☐ Belgian linen raw 375 g/m², thread count 12 x 11 cm²
- ☐ Kasutan lõuendi jääke ja valin visuaalselt sarnase riba
- ☐ Puuvilla lõuend
- ☐ Muu: _____

10. 10. Mis lõuendiriidet eelistate linalõuendi äärte dubleerimisel? *

*vastuse variandid võetud Deffner& Johann lõuendi sortimendist

Märkige kõik sobivad.

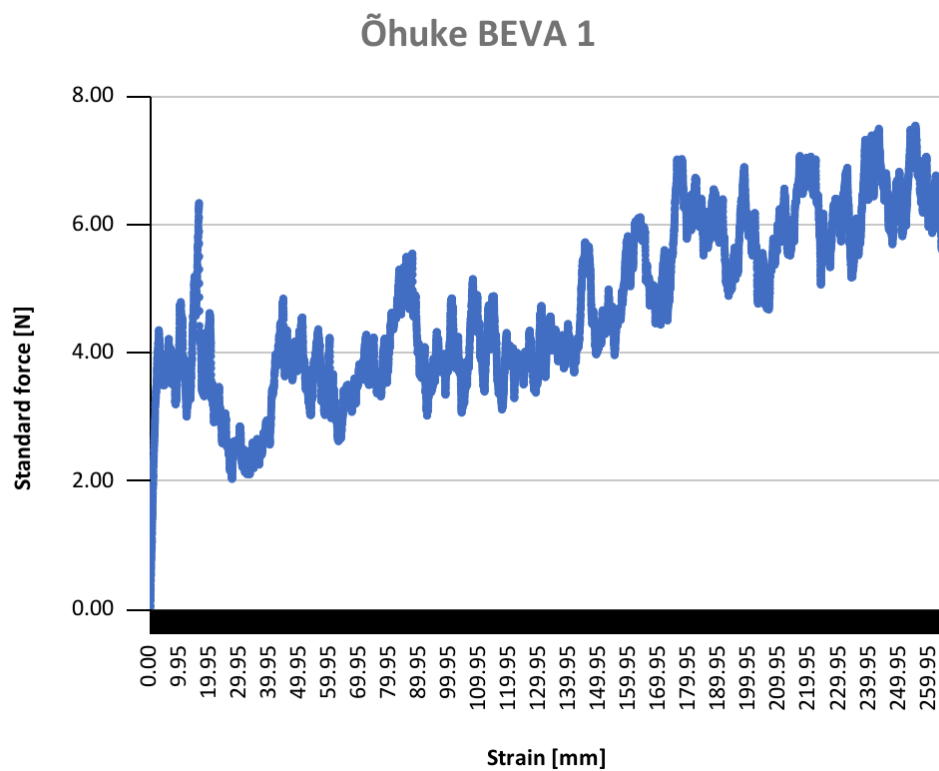
- ☐ Belgian Linen Raw 155 g/m², Thread count 12 x 13 cm²
- ☐ Belgian linen raw 100 g/m², thread count 13 x 13 cm²
- ☐ Polyester Fabric 269 g/m²
- ☐ Belgian Linen Raw 190 g/m², Thread count 25 x 25 cm²
- ☐ Belgian linen raw 350 g/m², thread count 12 x 10 cm²
- ☐ Belgian Linen Raw 340 g/m², Thread count 20 x 15 cm²
- ☐ Belgian Linen Raw 305 g/m², Thread count 13,2 x 14,65 cm²
- ☐ Belgian Linen Raw 305 g/m², Thread count 15 x 11,5 cm²
- ☐ Belgian linen raw 230 g/m², thread count 16 x 16 cm²
- ☐ Belgian linen raw 375 g/m², thread count 12 x 11 cm²
- ☐ Kasutan lõuendi jääke ja valin visuaalselt sarnase riba
- ☐ Puuvilla lõuend
- ☐ Muu: _____

11. 11. Kuidas liimi kinnitatavale parandustükile peale kannate? Nt pintsliga, švammiga, *
kuumaspaaatliga, aerosooli speriga jne

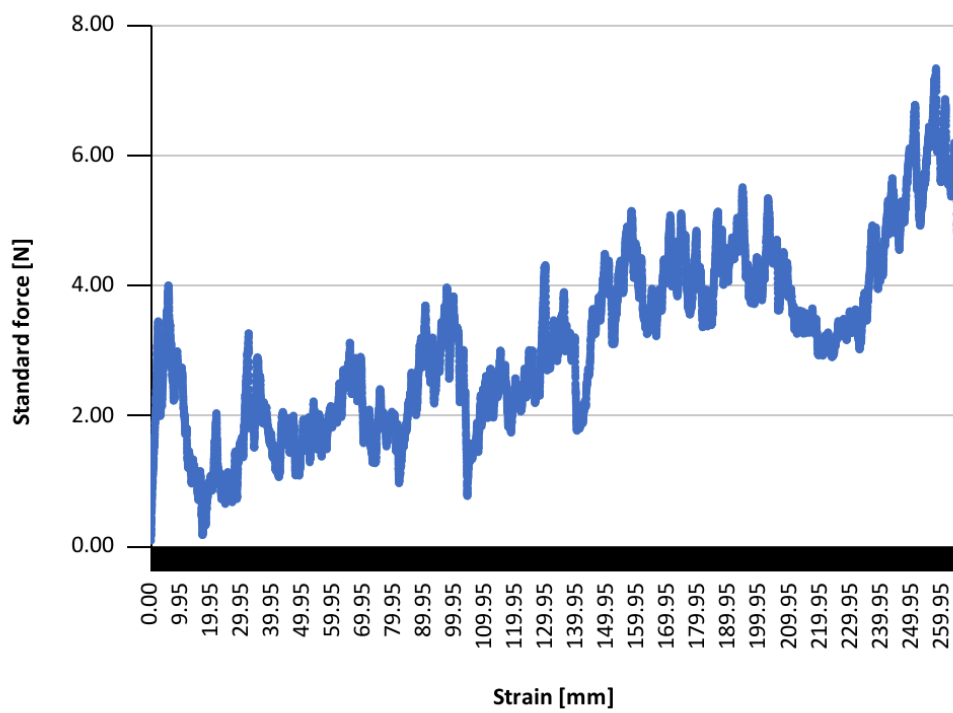
12. 12. Mis abivahendeid, materjale lõuendikao parandamisel kasutate? *

13. 13. Mis on "ideaalse" liimi omadused? *

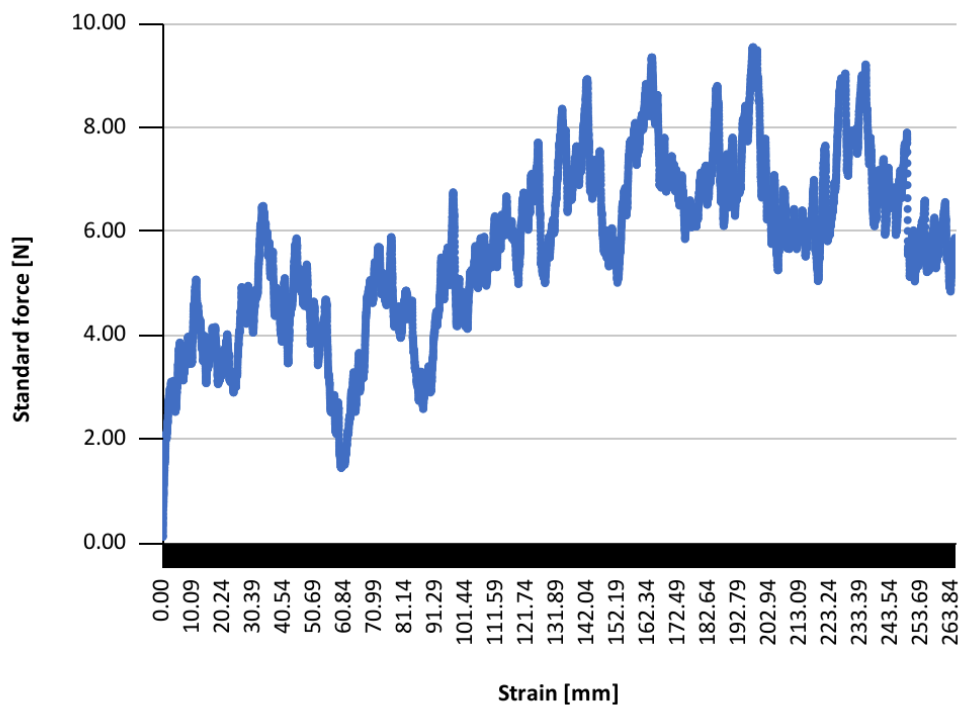
Lisa 2 Õhukese Beva kile katsekehade tulemused graafikuna



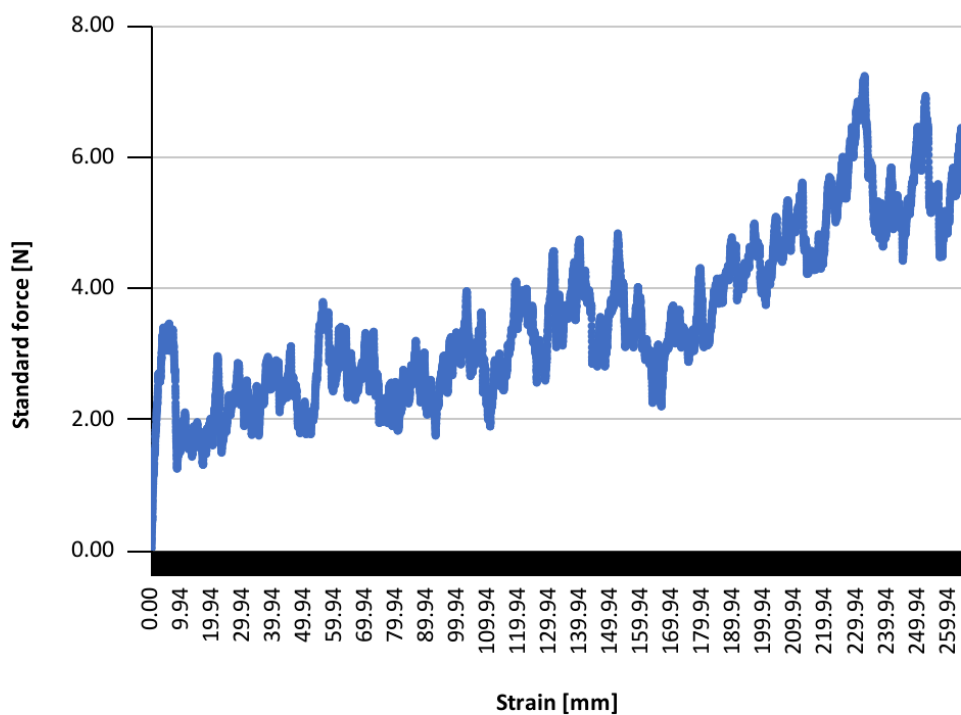
Õhuke BEVA 2



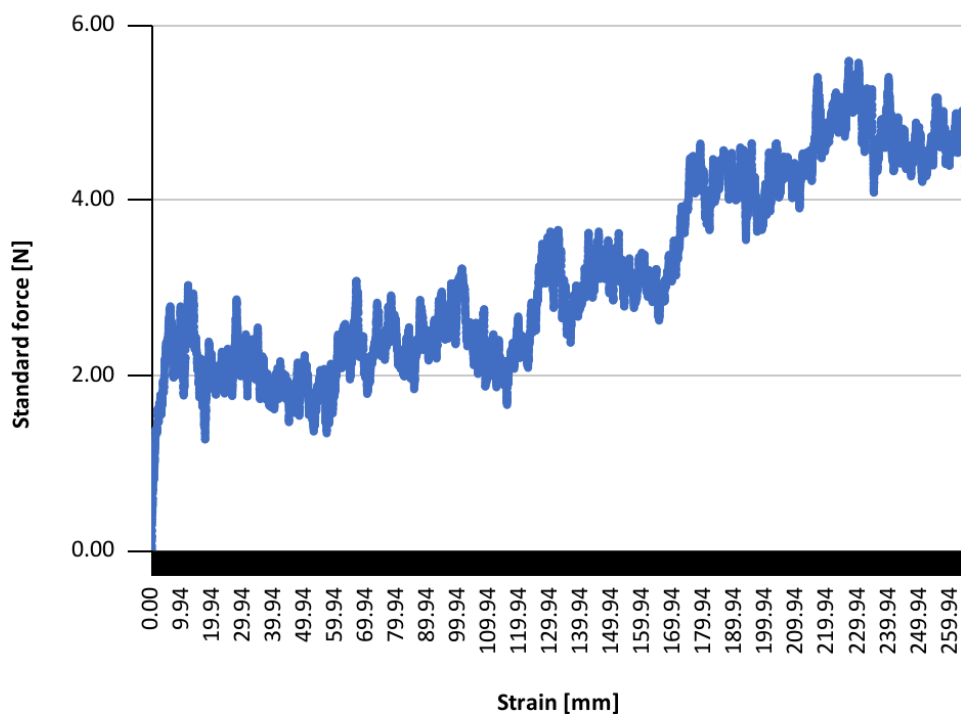
Õhuke BEVA 3



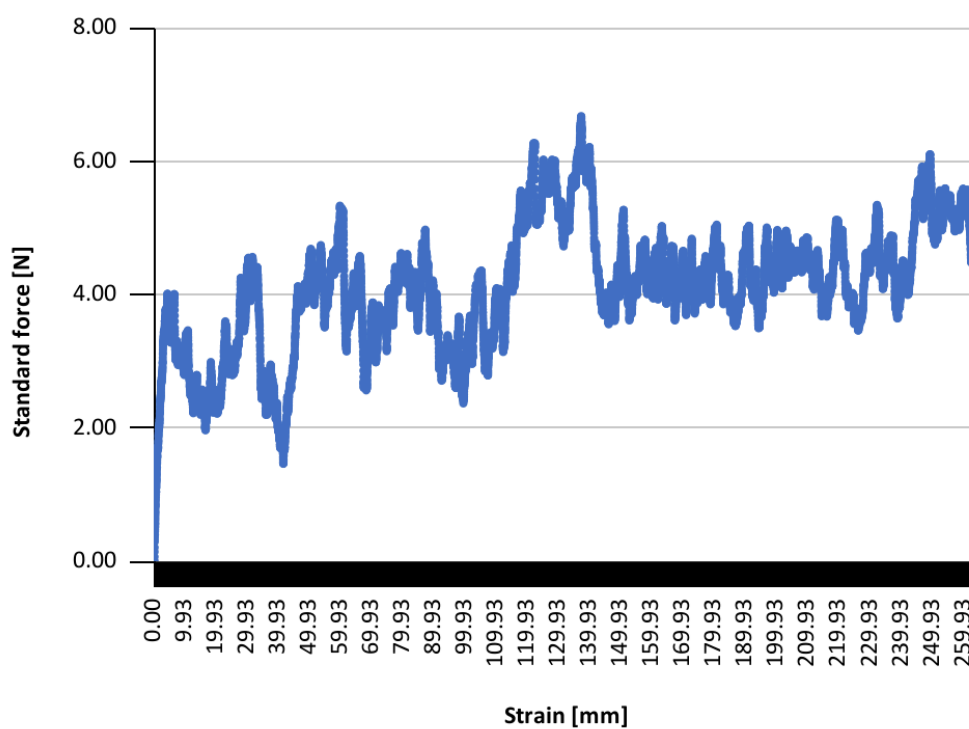
Öhuke BEVA 5



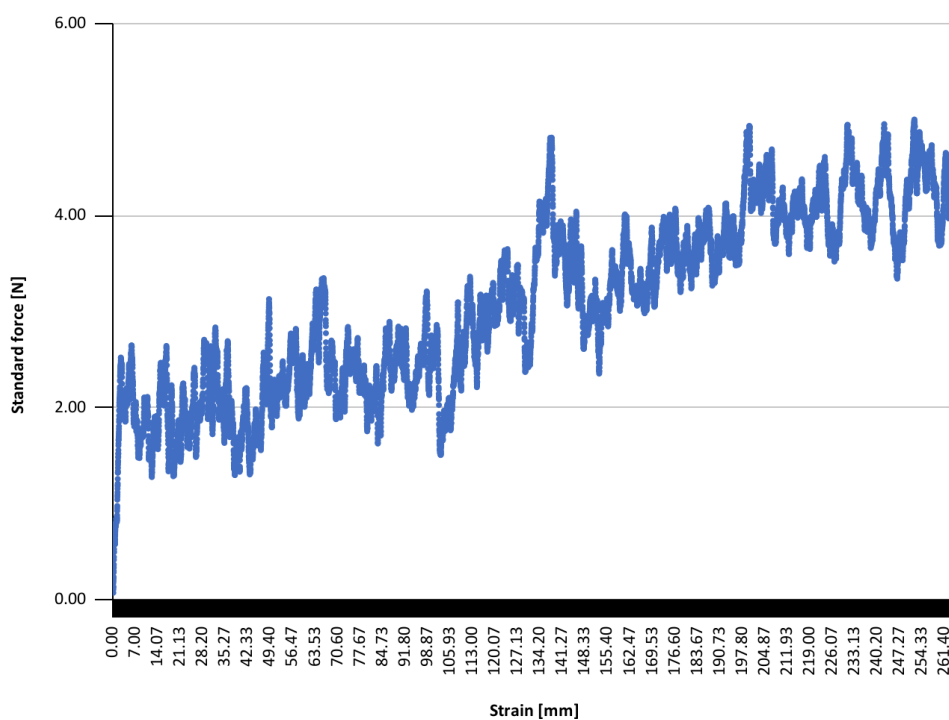
Öhuke BEVA 6



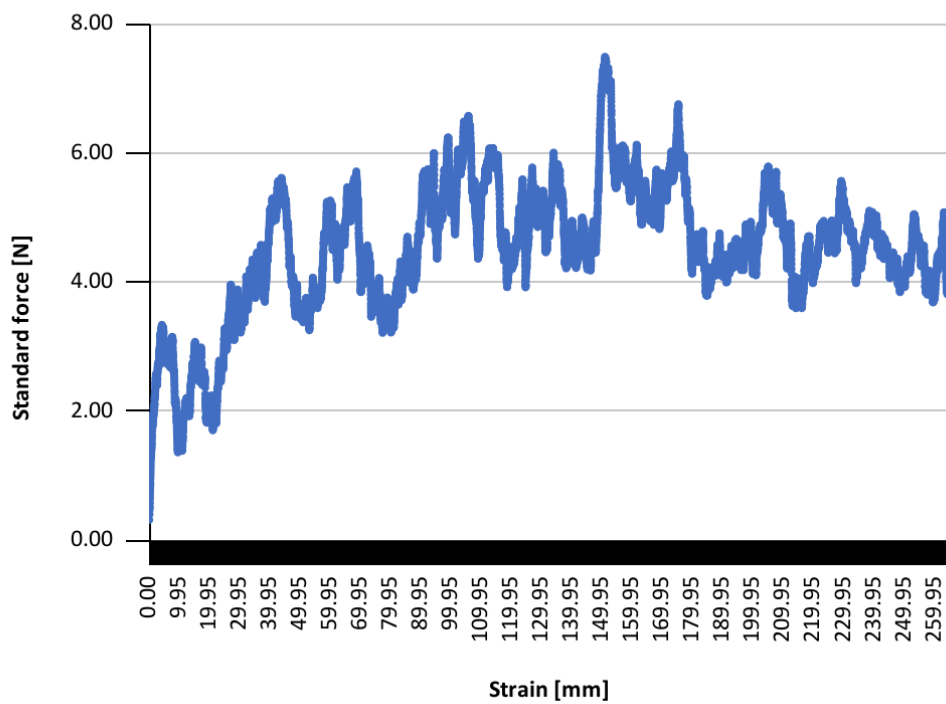
Õhuke BEVA 7



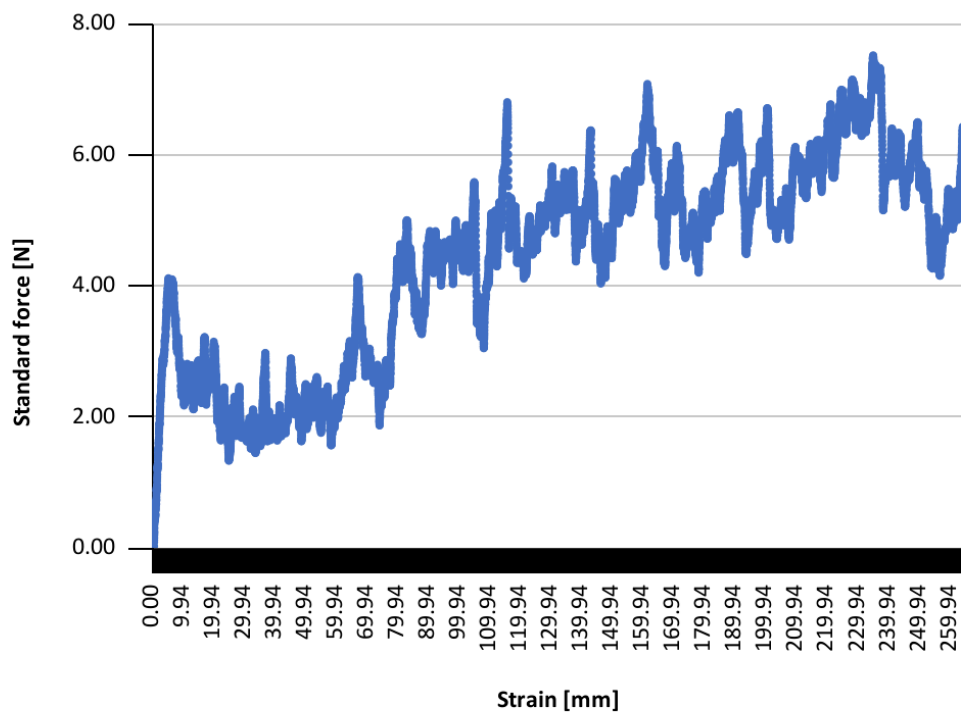
Õhuke BEVA 8



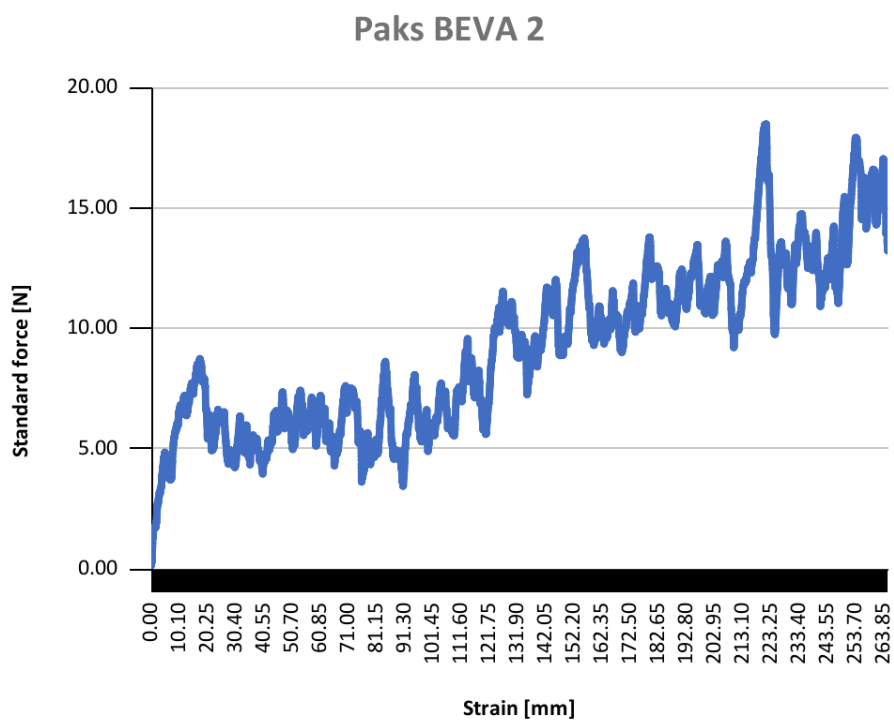
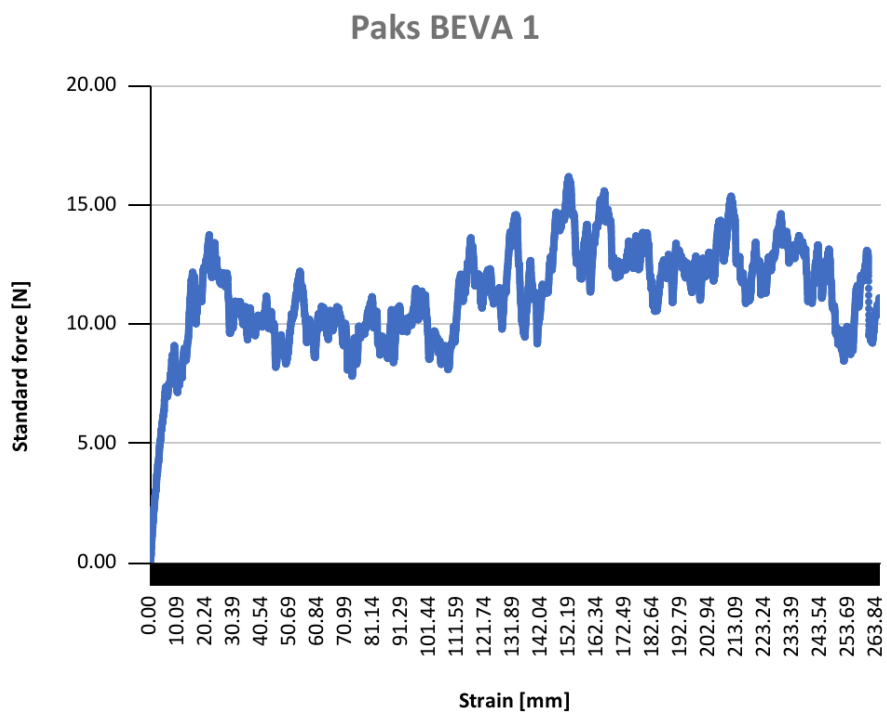
Õhuke BEVA 9



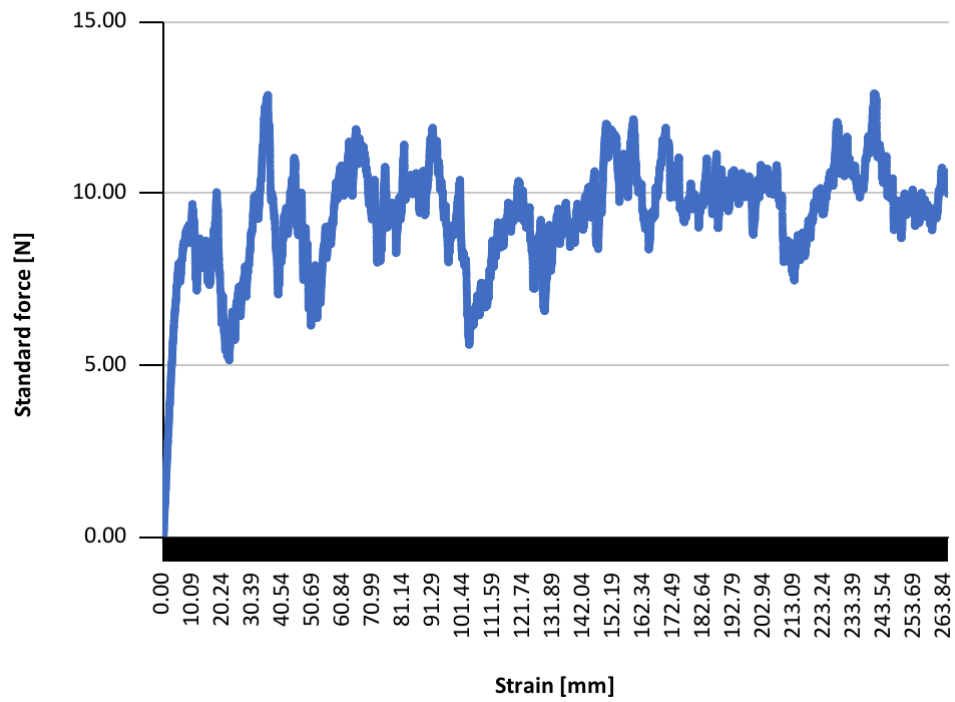
Õhuke BEVA 10



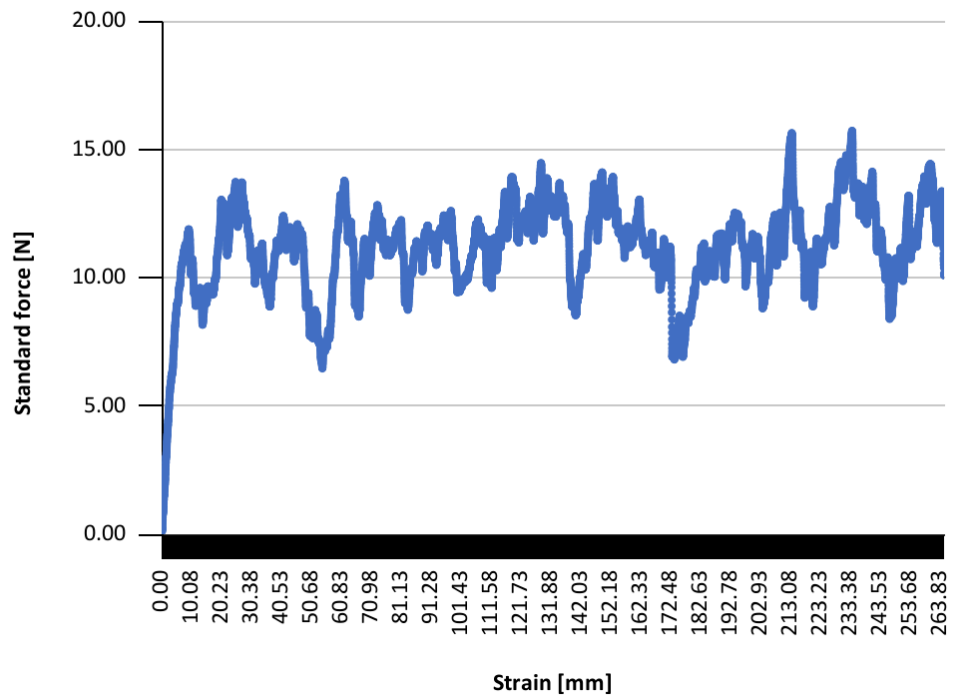
Lisa 3 Paksema BEVA kile katsekehade tulemused graafikuna



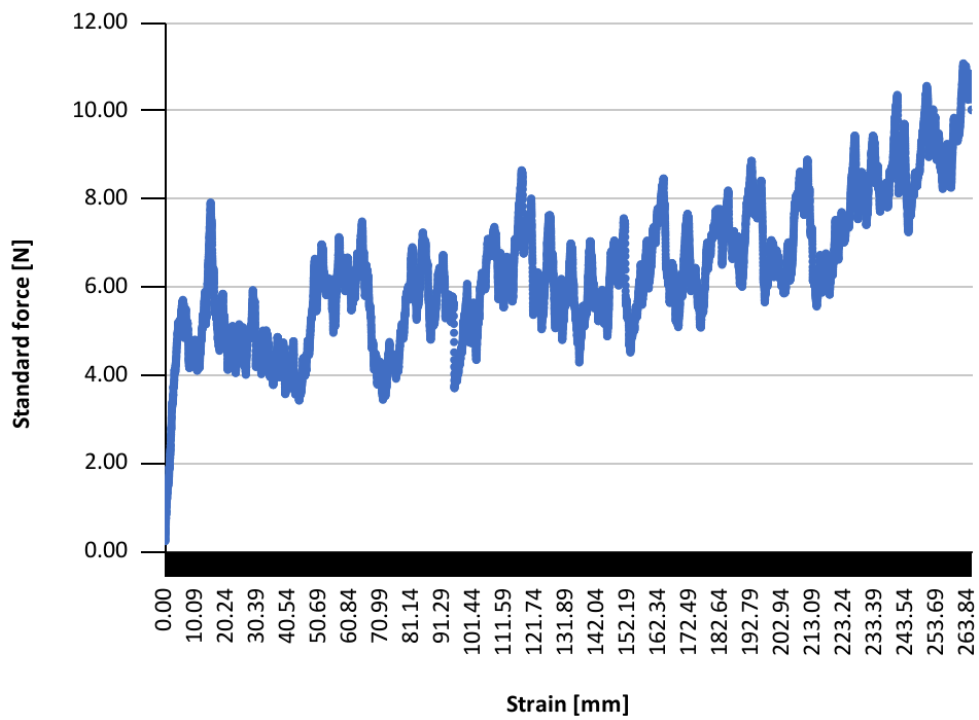
Paks BEVA 3



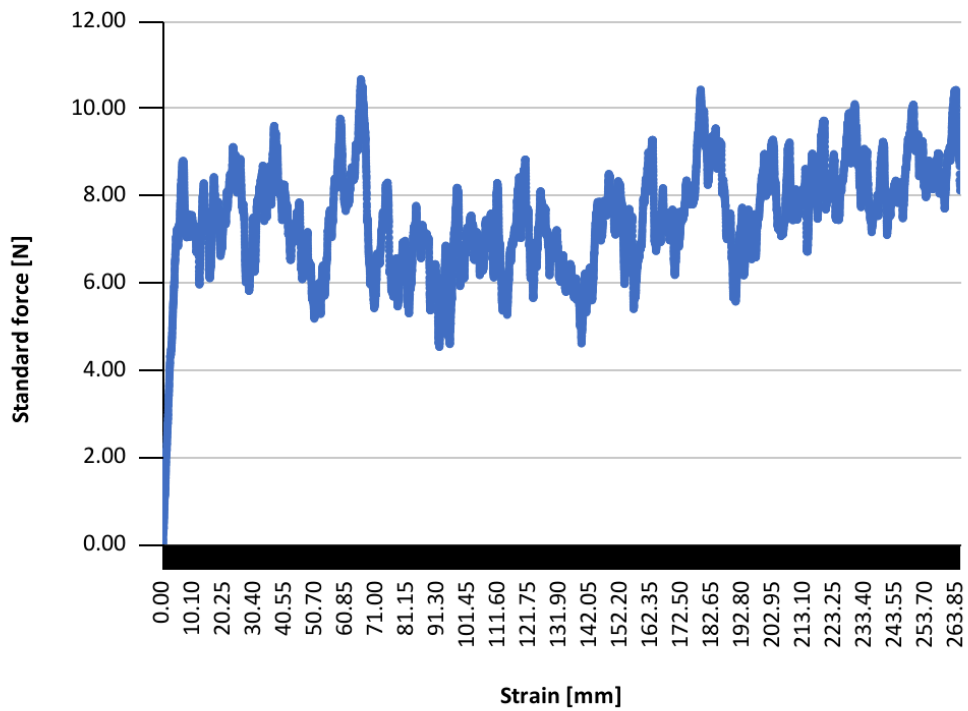
Paks BEVA 4

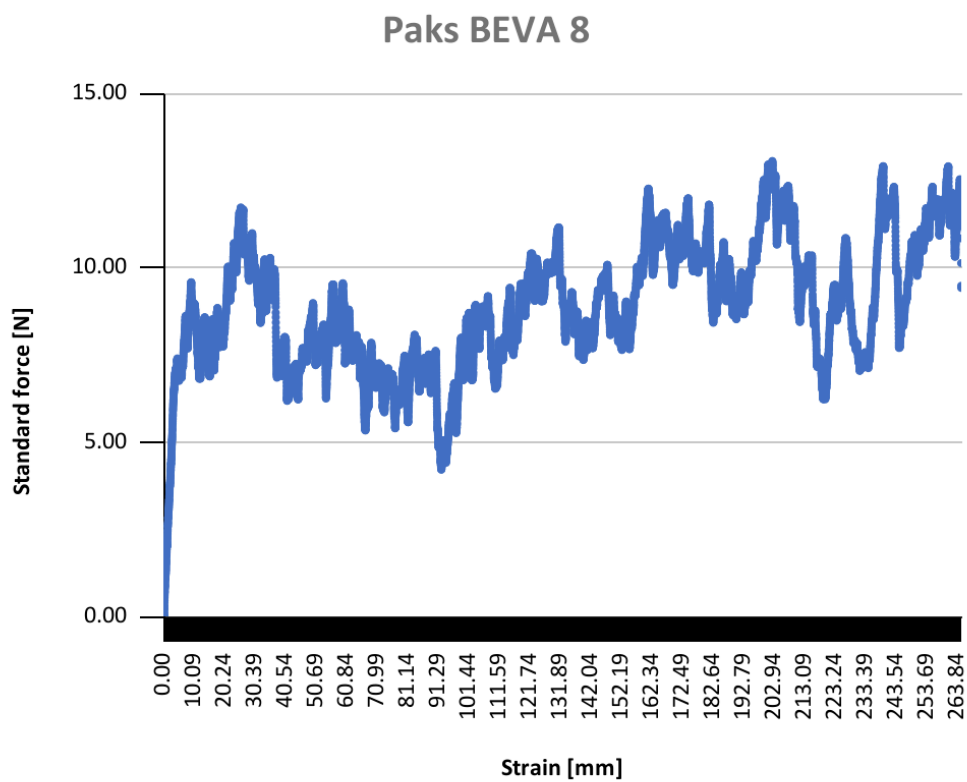
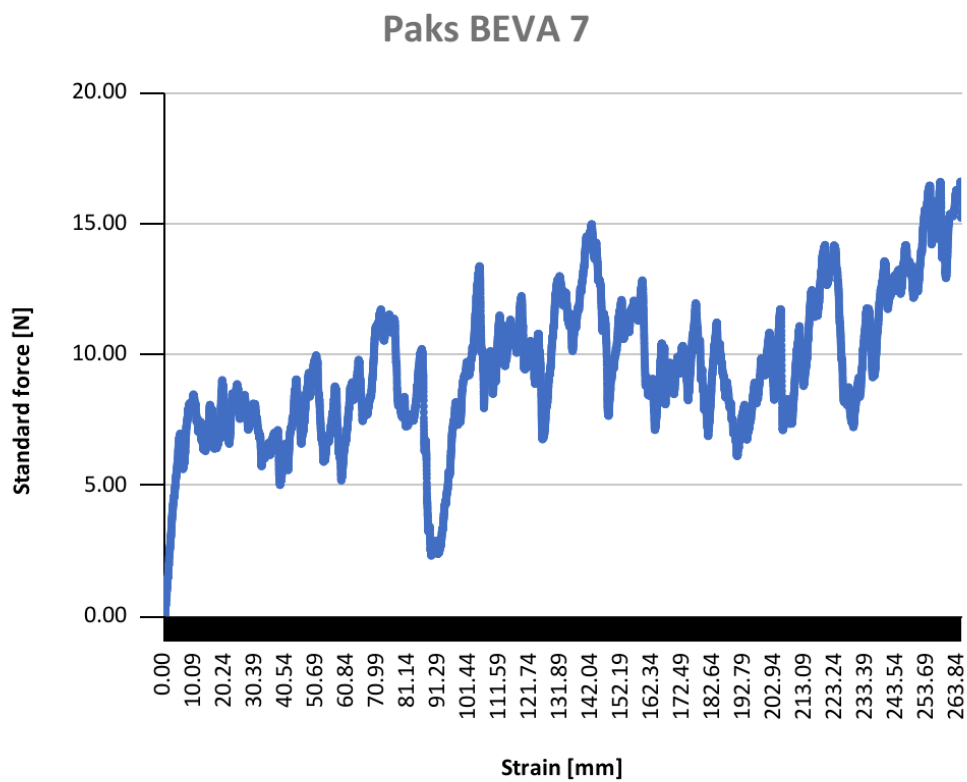


Paks BEVA 5

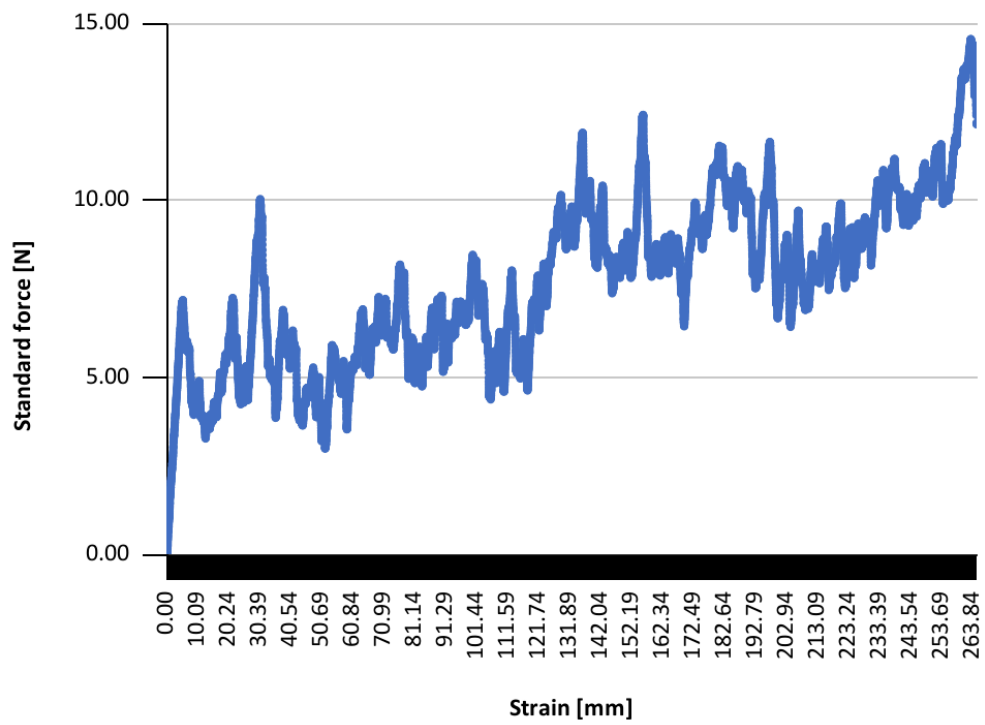


Paks BEVA 6

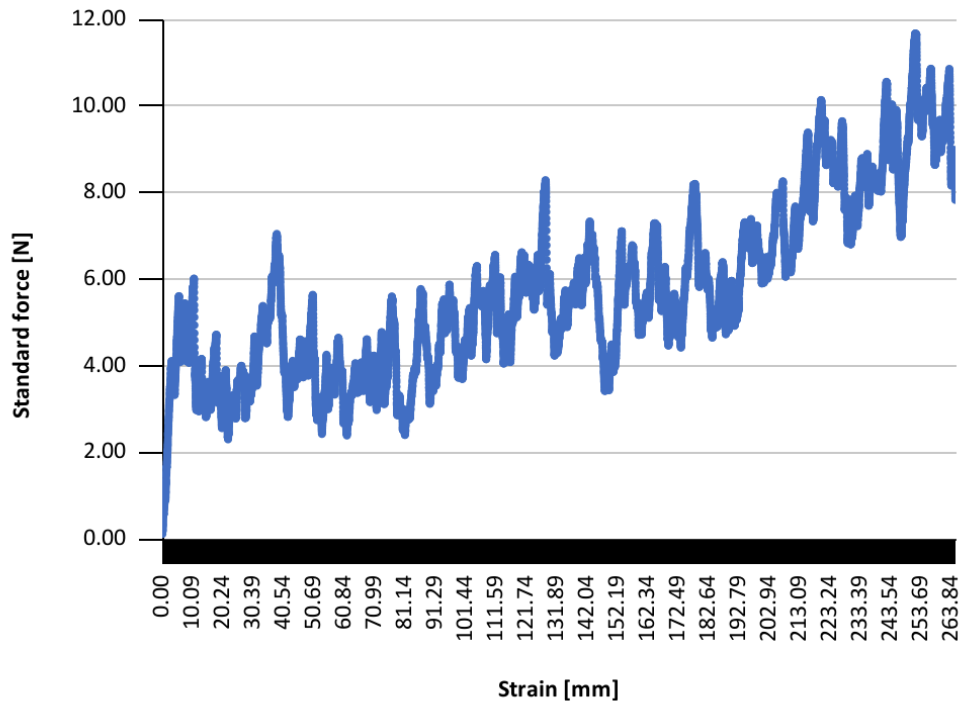


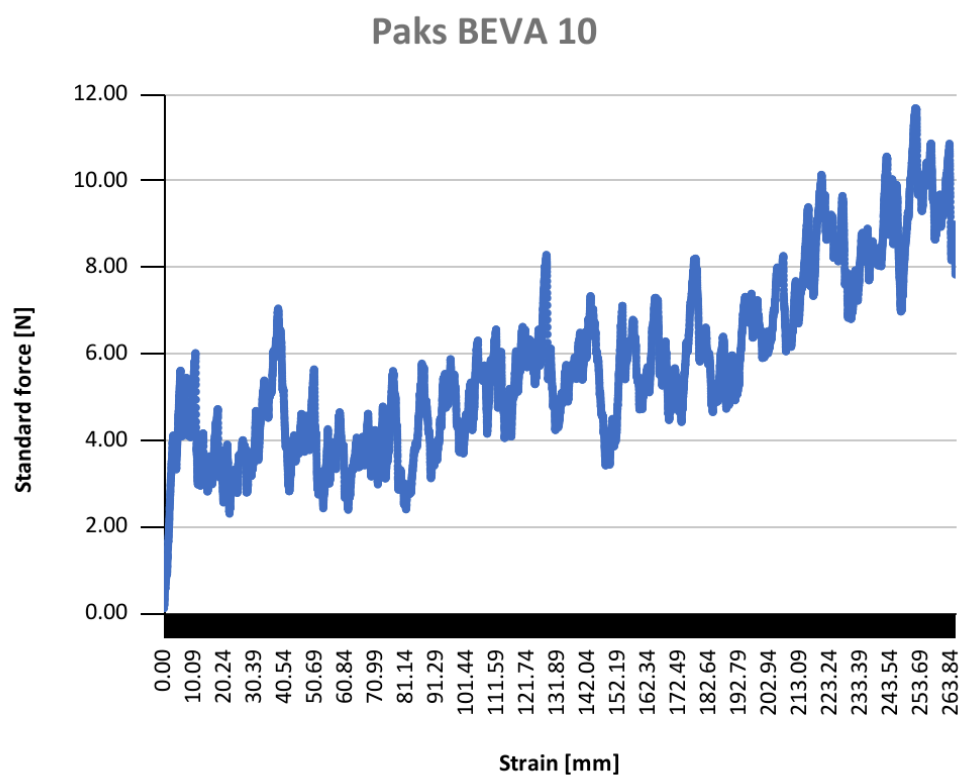


Paks BEVA 9



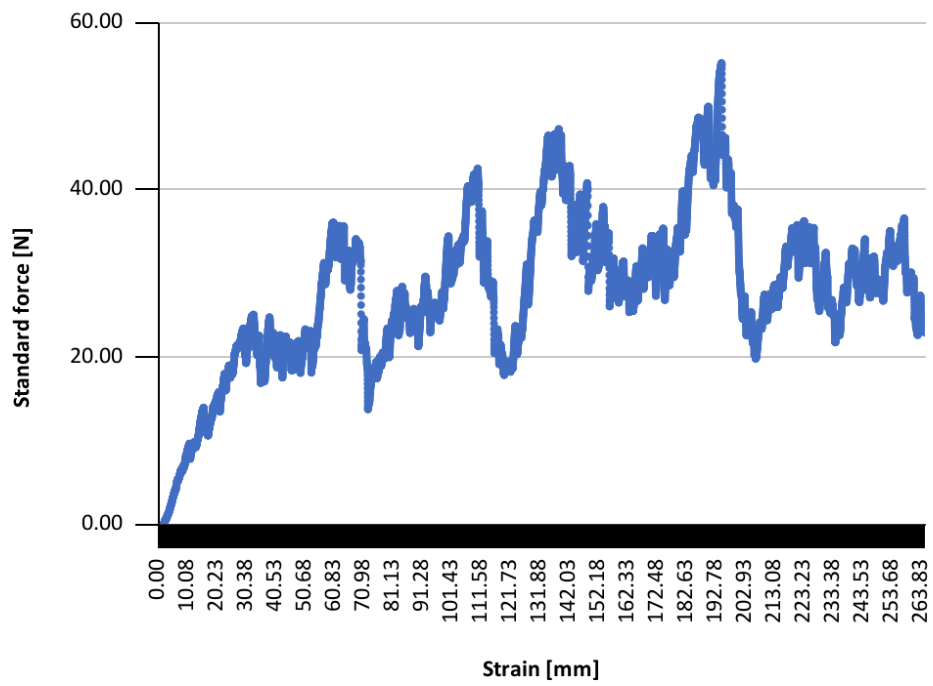
Paks BEVA 10



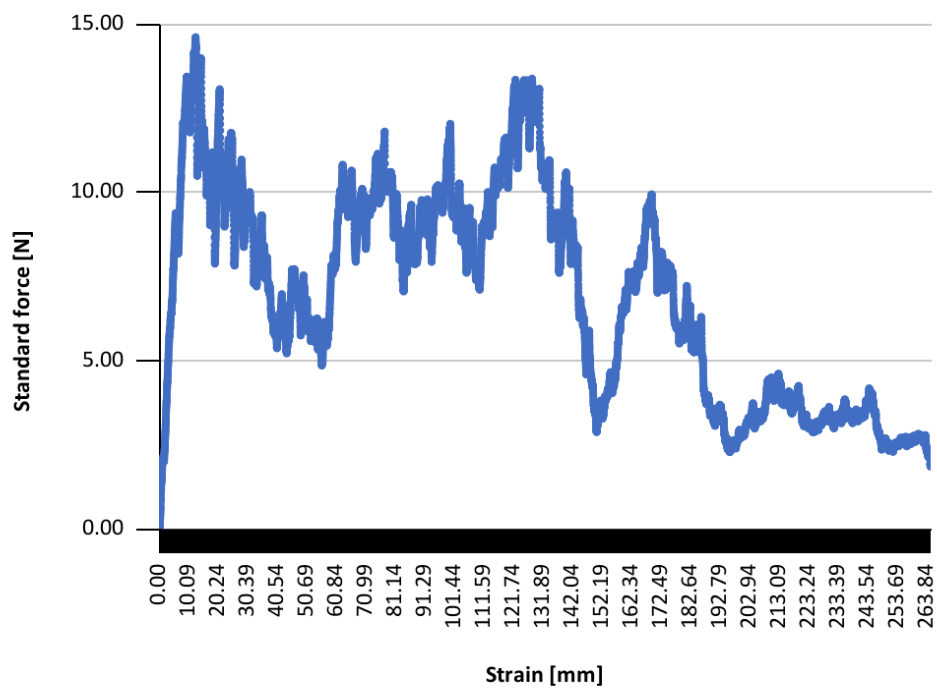


Lisa 4 Polüamiidi katsekehade tulemused graafikuna

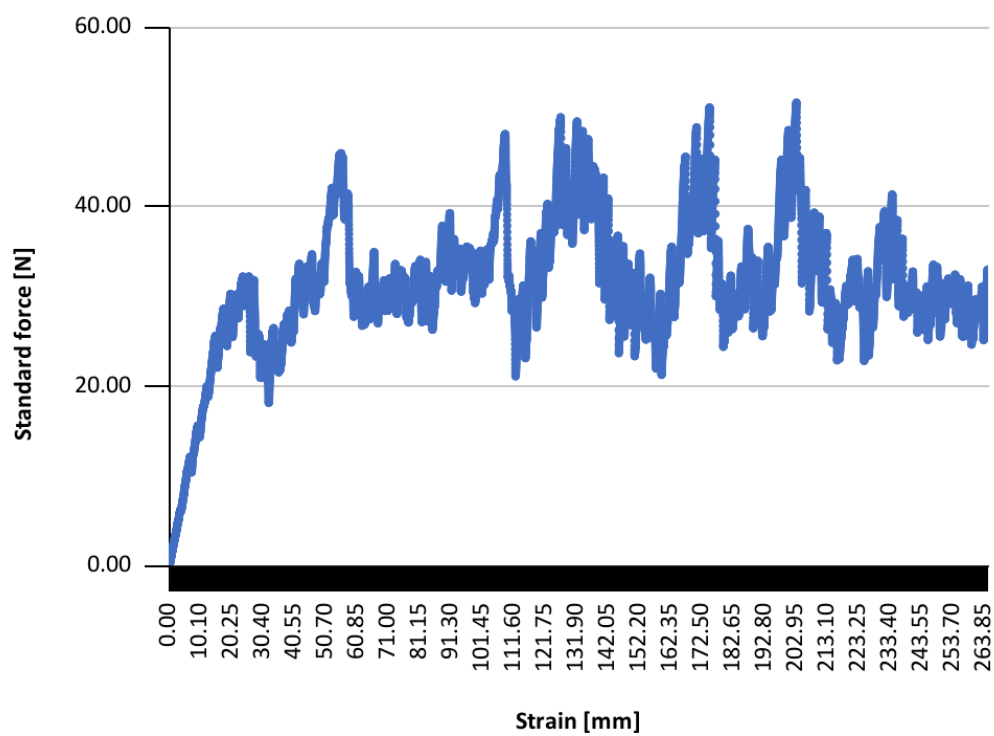
Polüamiid 1



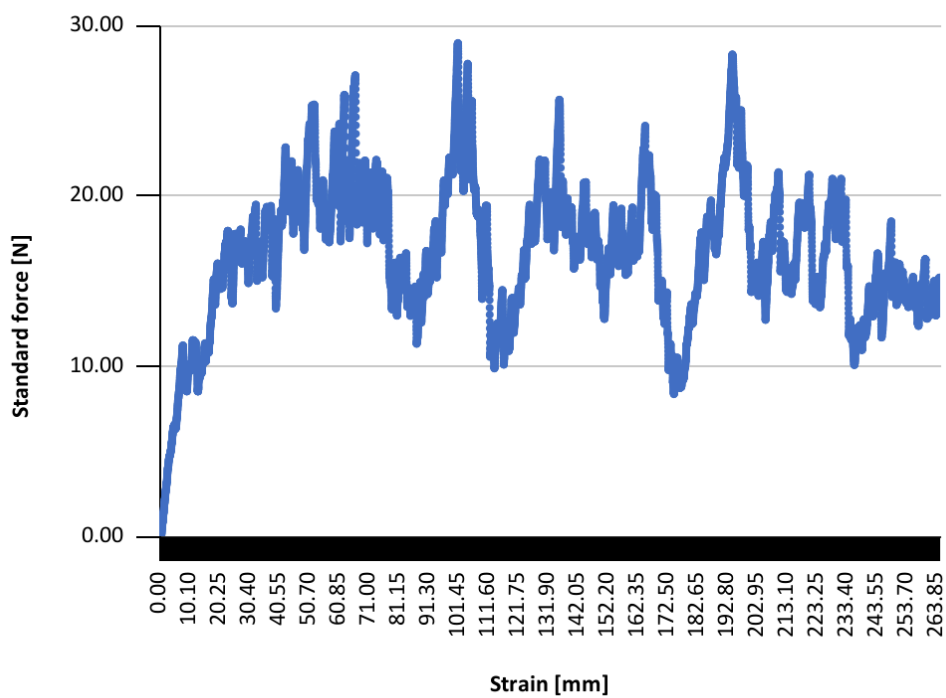
Polüamiid 2



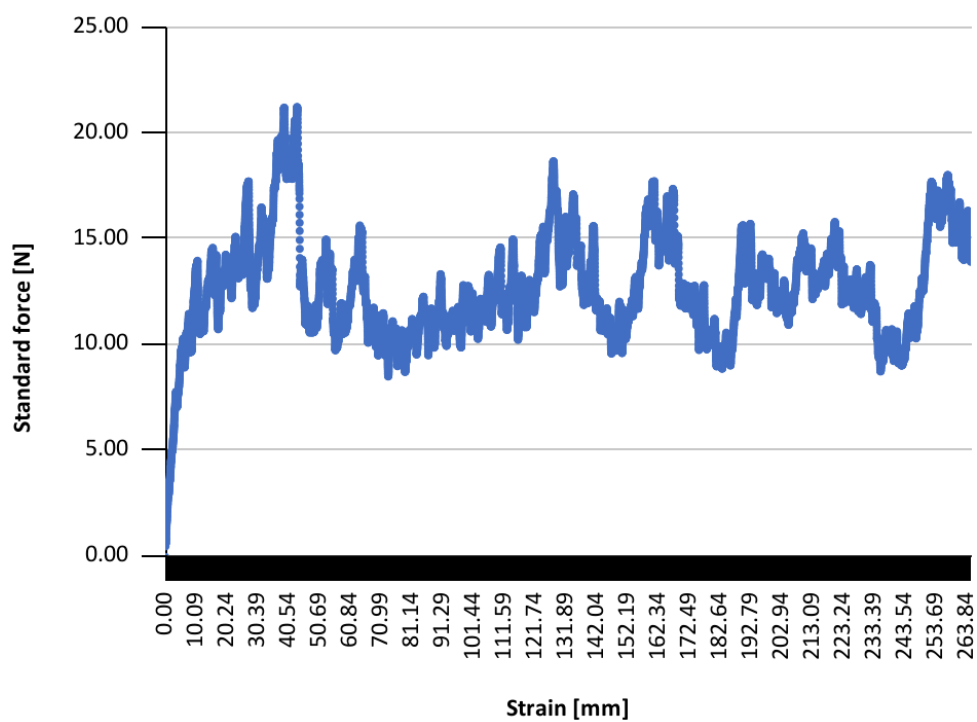
Polüamiid 3



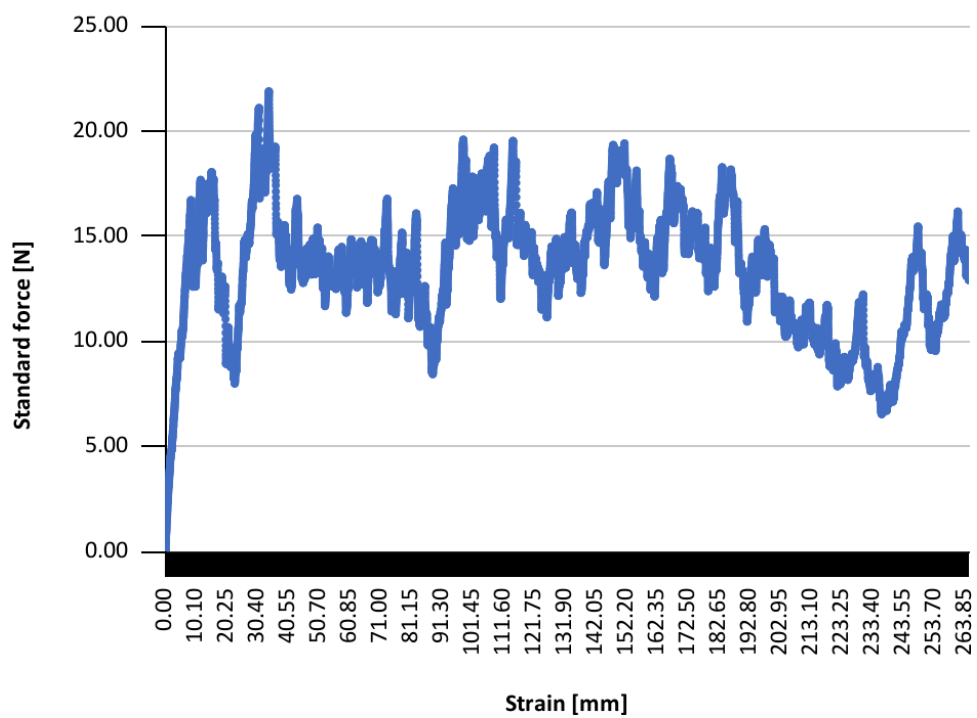
Polüamiid 4



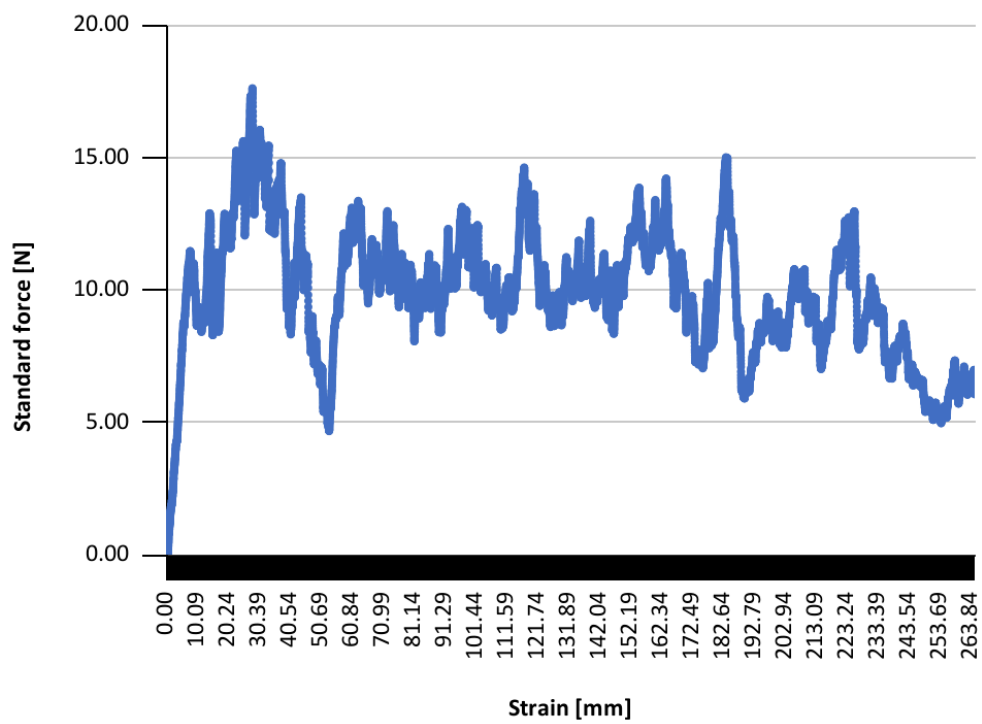
Polüamiid 5



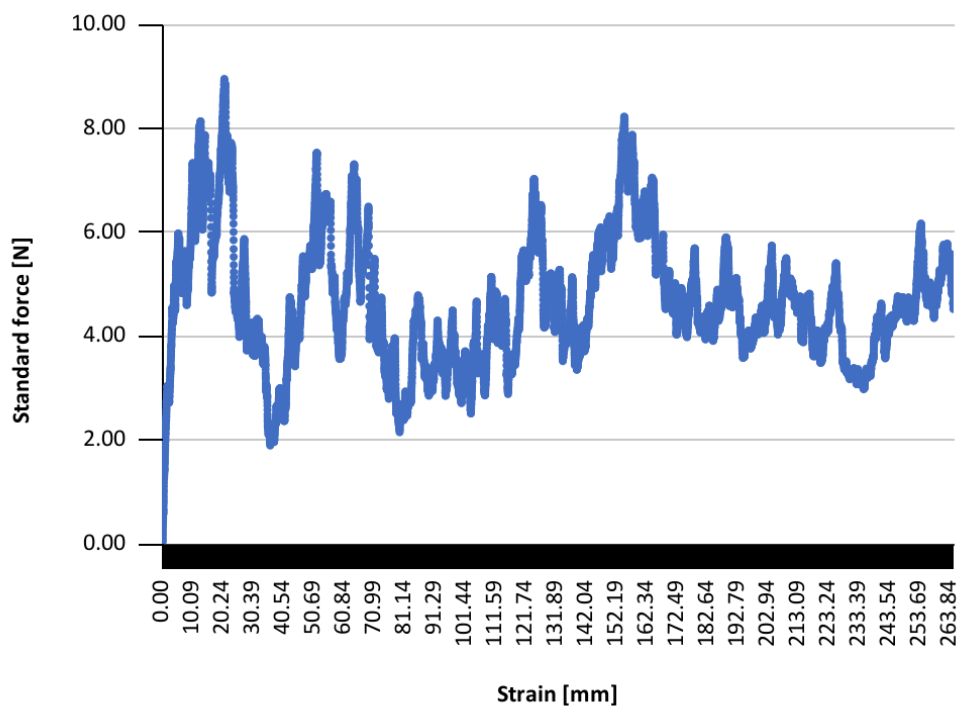
Polüamiid 6



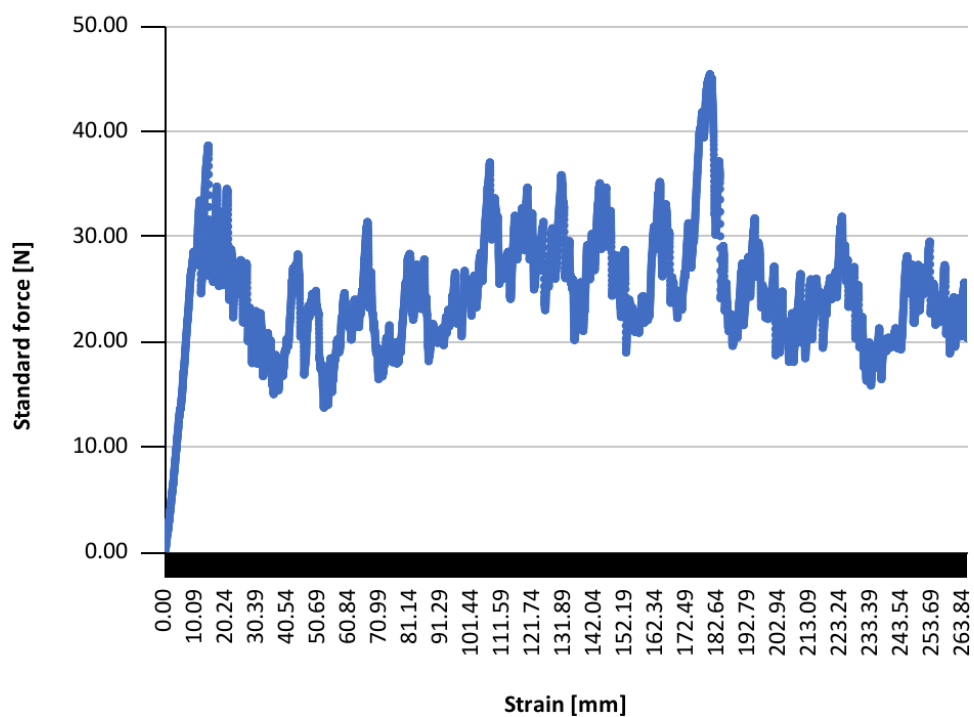
Polüamiid 7



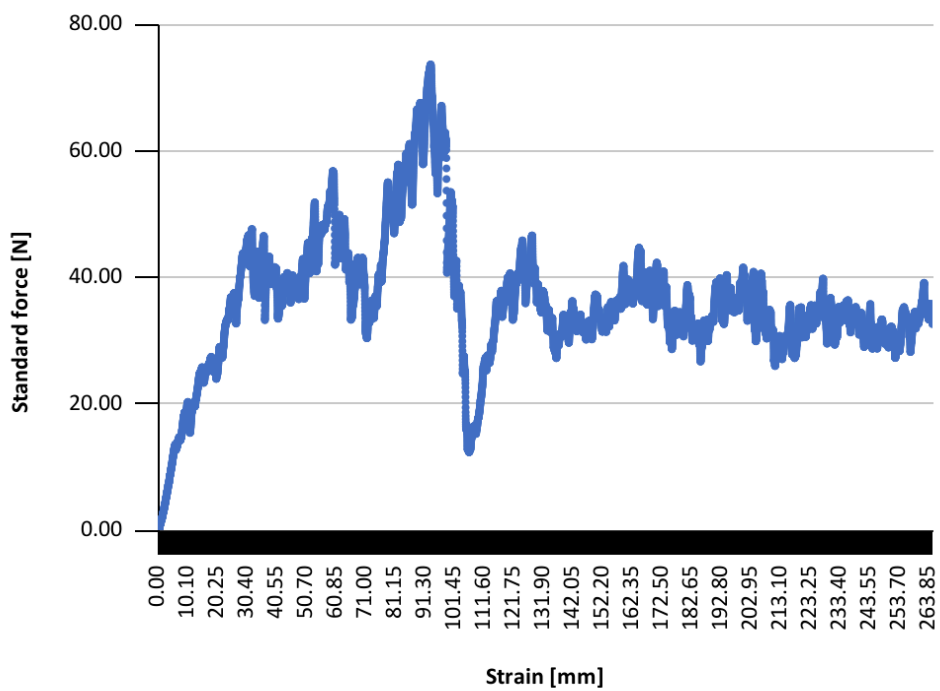
Polüamiid 8



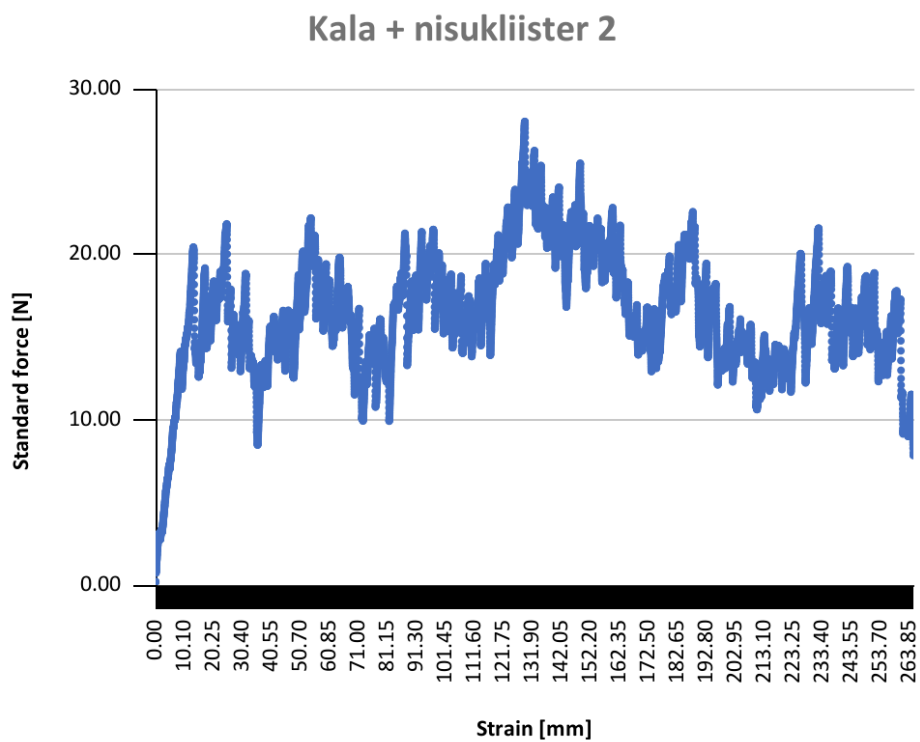
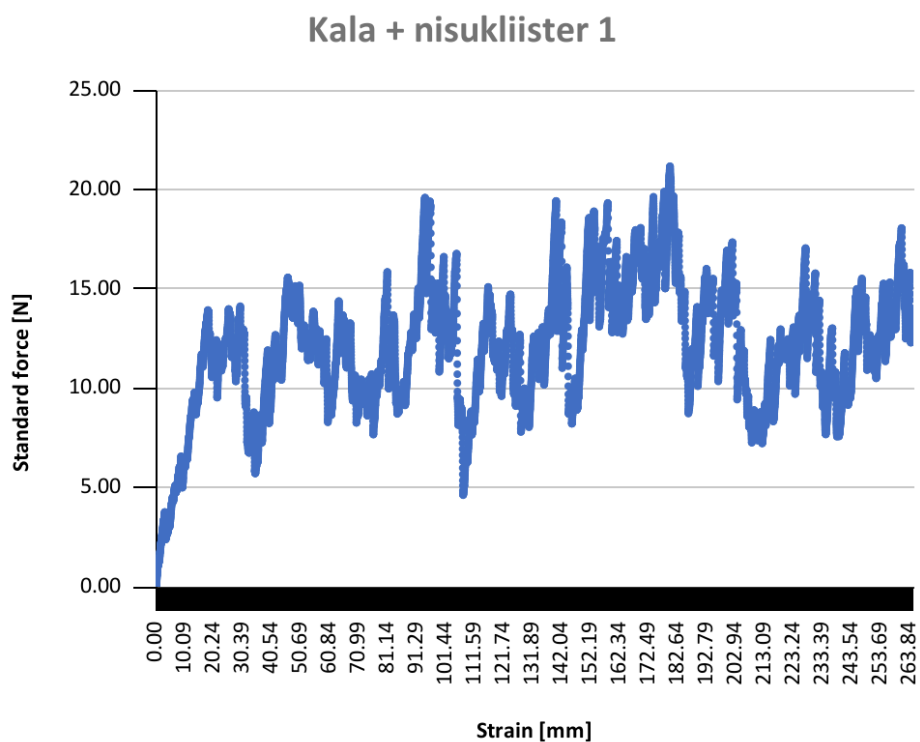
Polüamiid 9



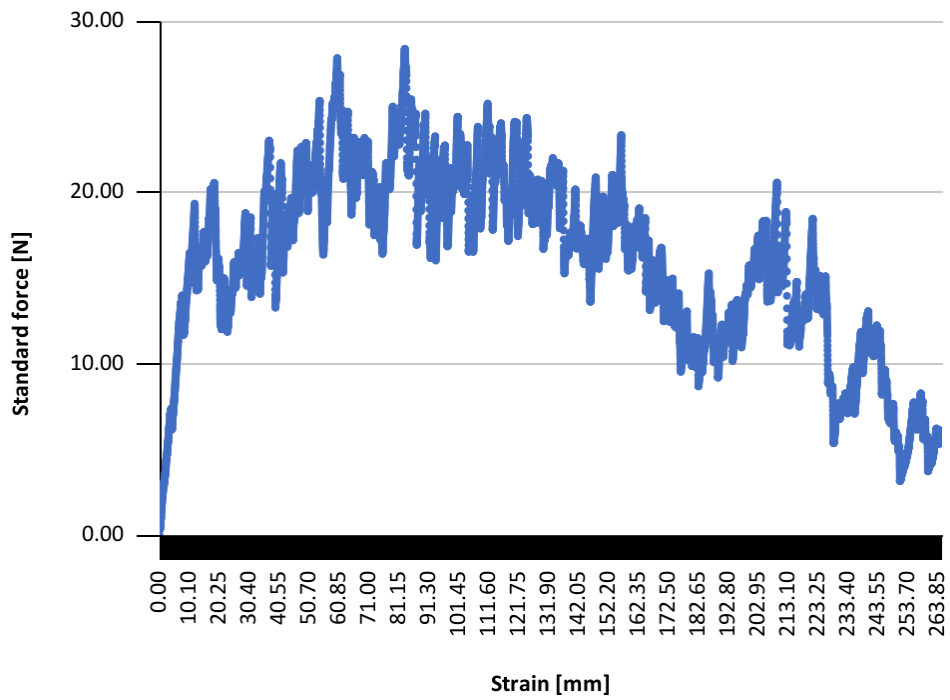
Polüamiid 10



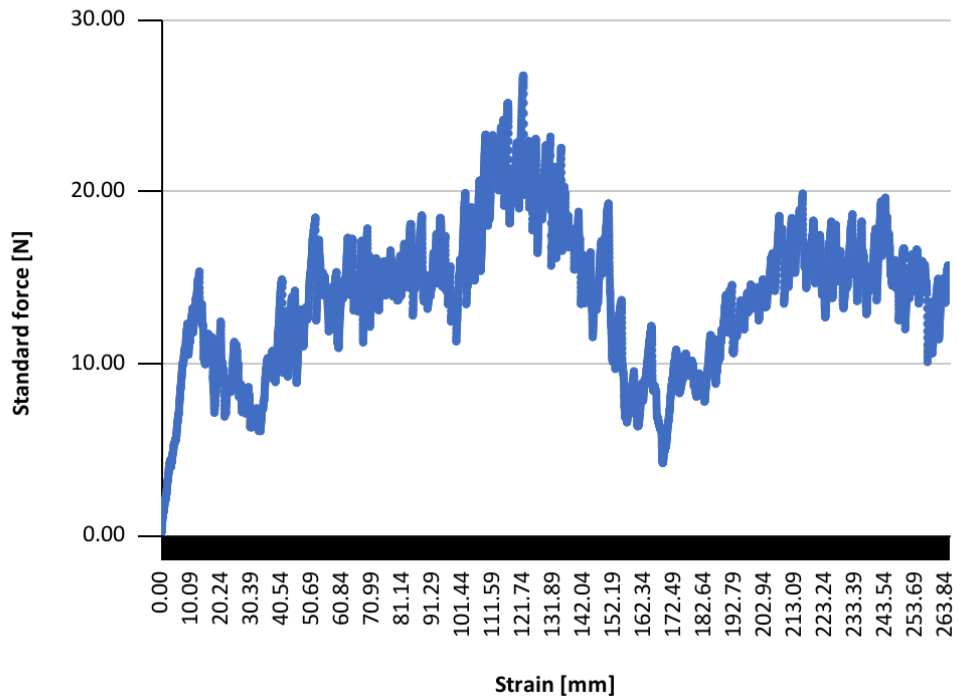
Lisa 5 Kalaliim + nisukliister katsekehade tulemused graafikuna



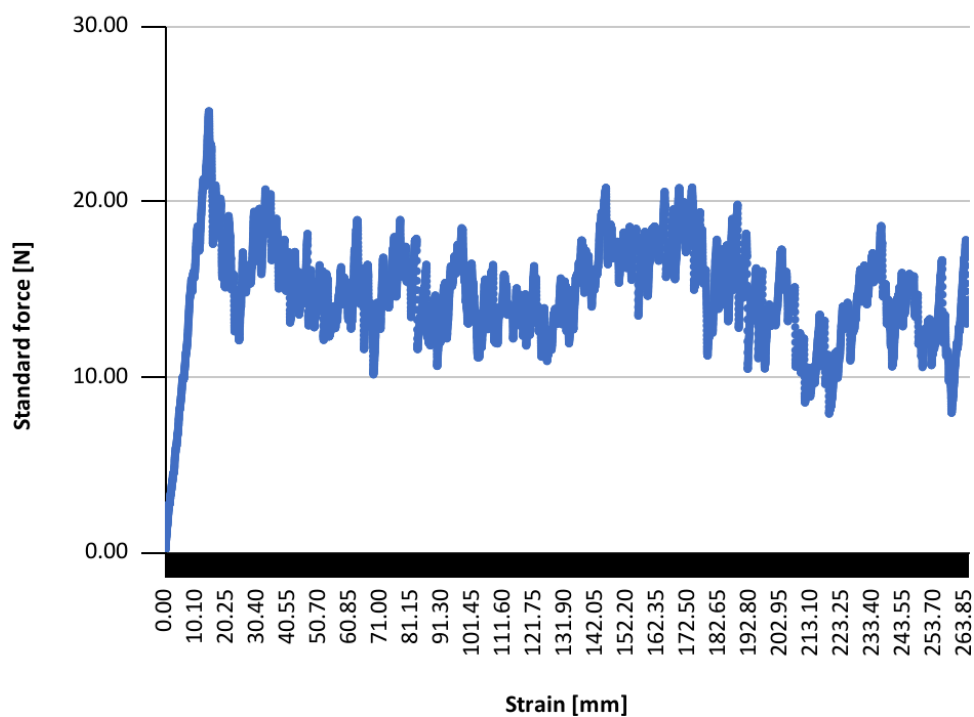
Kala + nisukliister 3



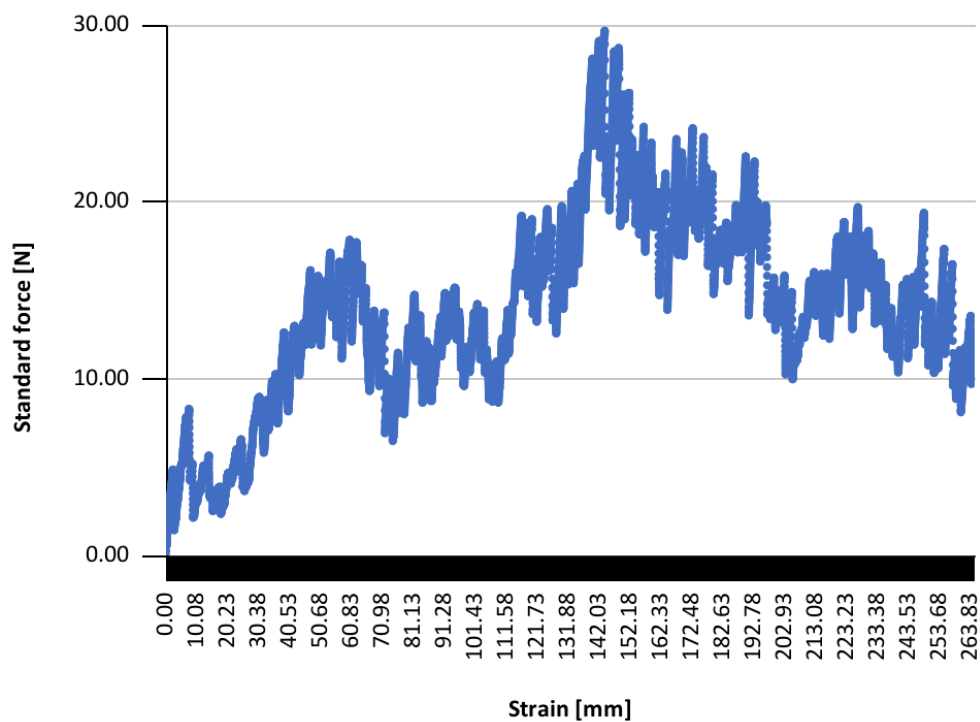
Kala + nisukliister 4



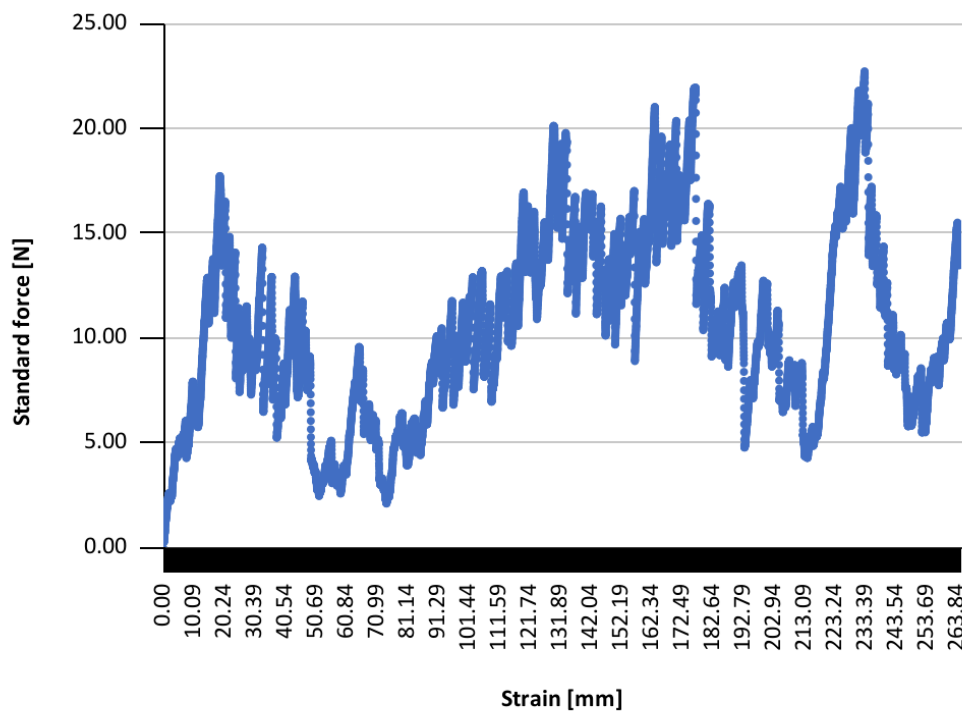
Kala + nisukliister 5



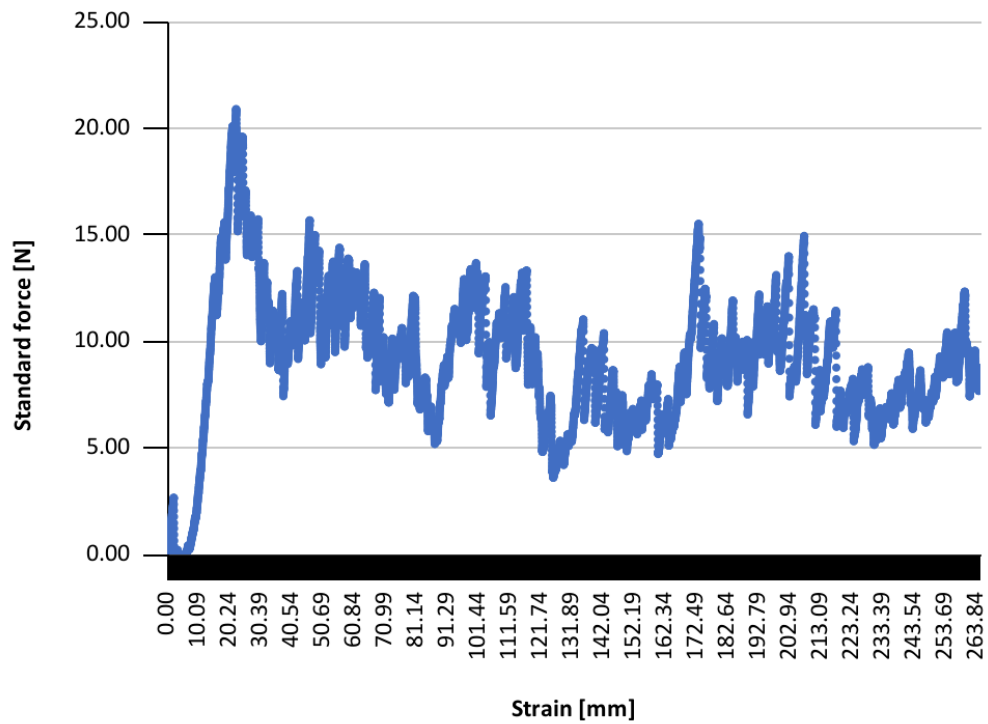
Kala + nisukliister 6



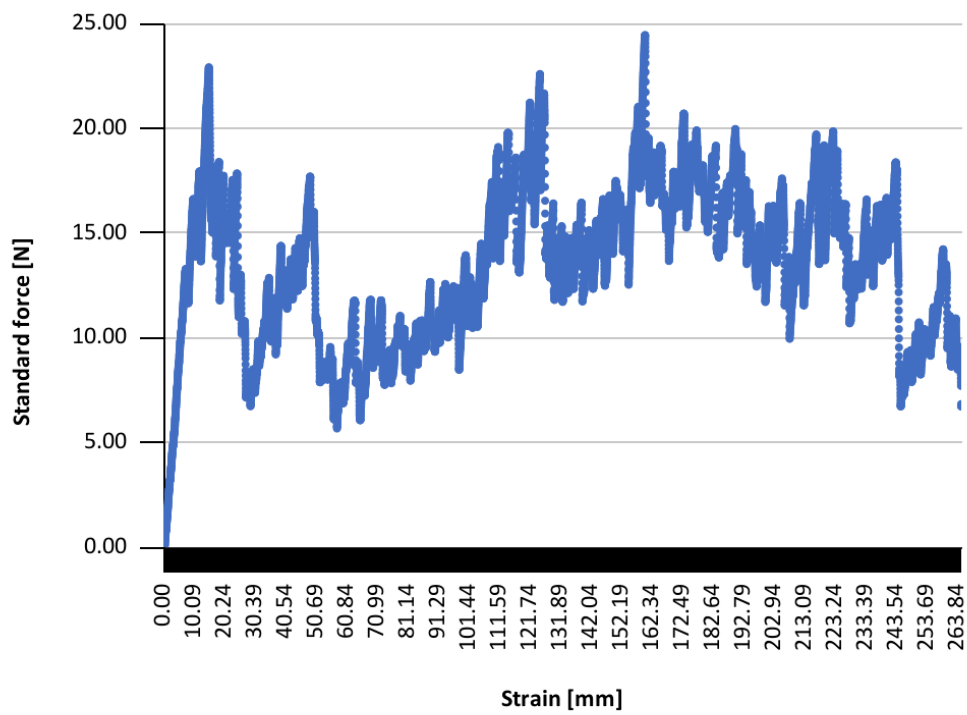
Kala + nisukliister 7



Kala + nisukliister 8



Kala + nisukliister 9



Kala + nisukliister 10

