

Sisekaitseakadeemia  
Sisejulgeoleku instituut

Kelly Tähe

**DNA-EKSPERTIISI TULEMUSLIKKUSE  
PARANDAMINE PUUTEJÄLGEDE ESILETOOMISE  
ABIL**

Magistritöö

Juhendaja:

Maarja Sadam, MA

Kaasjuhendaja:

Indrek Saar, PhD

Tallinn 2023

## SISEKAITSEAKADEEMIA MAGISTRITÖÖ ANNOTATSIOON

Sisejulgeoleku Instituut	Kaitsmine: juuni 2023
<p>Töö pealkiri eesti keeles: DNA-ekspertiisi tulemuslikkuse parandamine puutejälgede esiletoomise abil  Töö pealkiri võõrkeeles: Improving the performance of DNA expertisis by enhancing touch marks</p> <p>Magistritöö on kirjutatud eesti keeles ja sisaldab ingliskeelset resümeed.  Töö eesmärgiks on selgitada välja seos DNA-proovivõtus puutejälgede esiletoomise ja DNA-ekspertiisi tulemuslikkuse vahel. Töö uurimisprobleemiks on: millisel määral puutejälgede esiletoomine enne DNA-ekspertiisiks proovide võtmist (kasutades tsüanoakrülaatlüümi) parandab DNA-ekspertiisi tulemuslikkust?  Tulenevalt uurimisprobleemist on sõnastatud kolm uurimisküsimust:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kas EKEI-s sõrmejäljeosakonnas kasutusel olevaid sõrmejälgede esiletoomise meetodikaid saab kasutada DNA-osakonnas puutejälgede esiletoomiseks ja DNA-ekspertiisi tegemiseks?</li> <li>2. Kuidas vältida puutejälgede esiletoomisel analüüsi materjali kontamineerumist?</li> <li>3. Millist mõju avaldab puutejälgede esiletoomine DNA-ekspertiisi tulemuslikkusele?</li> </ol> <p>Magistritöö teoreetilises osas Praktilises osas tehti eksperimentuuring. Uuringu tulemuste analüüsiks ja tõlgendamiseks kasutati kirjeldavat statistikat.  Töö koosneb kahest peatükist, kokkuvõttest ja ettepanekutest. Kogumaht on 79 lehekülge.  Magistritöö eesmärgi täitmiseks viiakse läbi mitmed erinevad kvantitatiivsed uuringud. Andmete kogumiseks kasutatakse registreid ja eksperimente. Antud magistritöö käigus viiakse läbi eksperimendid sobiva meetodika valideerimiseks, kontaminatsioonivabade tingimuste väljatöötamiseks ja DNA-ekspertiisi tulemuslikkuse hindamiseks.  Magistritöö koosneb kahest peatükist. Esimene peatükk on teoreetilist tausta selgitav ja põhjendav osa, milles käsitletakse DNA-ekspertiisiks proovide võtmist, kontaminatsiooni vältimist ja sõrmejälje ekspertiisi tegemiseks kasutatavaid meetodikaid ja nende sobivust DNA-analüüsiks jälgede esiletoomiseks. Teine peatükk annab ülevaate uurimistöös kasutatud meetodikatest ja analüüsib saadud andmeid. Teises peatükis tehakse järeldused ning tuuakse välja uuringu positiivsed ja negatiivsed küljed koos soovitusetega jätku-uuringute jaoks.  Kogumaht on 80 lehekülge.</p>	
Võtmesõnad: kohtuekspertiis, DNA, sõrmejäljed, liimaurukapp, sõrmejäljeekspertiis, DNA-ekspertiis	
Võõrkeelsed võtmesõnad: <i>forensic science, DNA, fingerprints, fuming cabinet, fingerprint expertise, DNA expertise</i>	
Säilitamise koht: Sisekaitseakadeemia raamatukogu	
<p>Töö autor: Kelly Tähe  Olen koostanud lõputöö iseseisvalt. Kõik magistritöö koostamisel kasutatud teiste tööde autorite tööd, seisukohad, kirjalikest allikatest ja mujal allikates saadud info on nõuetekohaselt viidatud. Olen nõus oma magistritöö avaldamisega elektroonilises keskkonnas.  Allkiri: /digitaalselt allkirjastatud/</p>	
Vastab magistritöö nõuetele Juhendaja: Maarja Sadam	Allkiri: /digitaalselt allkirjastatud/
Vastab magistritöö nõuetele Kaasjuhendaja: Indrek Saar	Allkiri: /digitaalselt allkirjastatud/
Kaitsmisele lubatud Instituudi juhataja Nimi: Erkki Koort	
Allkiri: /digitaalselt allkirjastatud/	

# SISUKORD

MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU	5
SISSEJUHATUS	7
1. DNA-EKSPERTIISIKS PROOVIDE VÕTMINE PUUTEJÄLGEDEST	12
1.1. Puutejäljed ning DNA-proovide võtmine puutejälgedest	12
1.2. Kontaminatsiooni vältimine	16
1.3. Sõrmejälgede esile toomise meetodikad ja nende kasutamine DNA ekspertiisiks puutejälgede esile toomiseks	19
1.4. Tsüanoakrülaat (CNA) meetodika sõrmejälgede esiletoomiseks	32
2. DNA-EKSPERTIISI TULEMUSLIKKUSE PARANDA-MINE PUUTEJÄLGEDE ESILETOOMISE ABIL	36
2.1. Meetodika ja valim	36
2.1.1. Uurimisstrateegia valik ja põhjendus	36
2.1.2. Sagedasemad objektid ja materjalid tsüanoakrülaat meetodika puhul	37
2.1.3. Kontaminatsiooni vältimine puutejälgede esiletoomisel	38
2.1.4. Meetodika valideerimine	43
2.1.5. Puutejälgede esiletoomise mõju DNA-ekspertiisi tulemustele	47
2.2. Tulemused	48
2.2.1. Materjalide analüüsi tulemused	48
2.2.2. Kontaminatsiooni vältimine puutejälgede esiletoomisel	49
2.2.3. Meetodika valideerimine	51
2.2.4. Puutejälgede esiletoomise mõju DNA-ekspertiisi tulemustele	55
2.3. Järeldused	59
2.3.1. Töö tulemuste seos varasemate uuringutega	59
2.3.2. Vastused uurimisküsimustele	60

2.3.3. Töö praktiline väärtus	63
2.3.4. Töö piirangud ja puudused	63
2.4. Ettepanekud	63
KOKKUVÕTE	65
SUMMARY	68
VIIDATUD ALLIKAD	70
JOONISTE JA TABELITE LOETELU	78

## MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU

Alleel – geeni alternatiivne vorm kindlas lookuses. Kohtuekspertiisi kontekstis tähistab üldiselt erineva pikkusega ja/või järjestusega DNA fragmenti.

Autosoom – kromosoom, mis esineb võrdsel arvul liigi kõigil normaalsetel isenditel ega sõltu nende soost. Inimesel on 22 autosoomi, mida tähistatakse numbritega 1–22.

DNA – desoksüribonukleiinhape (ingl k *dexyribonucleic acid*), pärilikku informatsiooni säilitav ühend.

DNA-analüüs – bioloogilise materjali uurimine eesmärgiga määrata proovis sisalduva DNA genotüüp (DNA-profiil). Sageli koosneb järgmistest etappidest: bioloogilise materjali proovi võtmine, DNA eraldamine ja genotüüpiseerimine.

DNA-ekspertiis – bioloogilise materjali proovi uurimine eesmärgiga täita püstitatud ekspertiisiülesanne ja vastata esitatud küsimustele. Küsimustele vastamise eelduseks on edukalt läbi viidud DNA-analüüs.

DNA-ekspertiisi tulemuslikkus – võimekus täita püstitatud ekspertiisiülesanne ja vastata esitatud küsimustele. Reeglina on küsimustele vastamise eelduseks isiku identifitseerimiseks kõlbliku DNA-profiili saamine bioloogilise materjali DNA-analüüsil.

DNA profiil – uuritud lookuste alleelne koosseis.

DNA-täisprofiil – alleelid on ilmsiks tulnud kõigis uuritud lookustes, see tähendab igas lookuses on ilmsiks tulnud vähemalt üks alleel.

DNA-segaprofiil (proov) – DNA-profiil (proov), mis on pärit enam kui ühelt isikult.

EKEI – Eesti Kohtuekspertiisi Instituut.

Ekspert – isik, kes teeb ekspertiisi kasutades mitteõiguslikke eriteadmisi ja seaduses sätestatud juhul ka õiguslikke eriteadmisi.

Kromosoom – rakutuumas paikneva DNA struktuurselt individuaalne element.

Kontaminatsioon – kõrvalise isiku bioloogilise materjali sattumine proovi või ekspertiisiobjektile. Kontaminatsiooni võib jagada kaheks: isikukontaminatsioon ja asitõendite/sündmuskohtade riskkontaminatsioon.

Lookus – geeni, DNA järjestuse või geneetilise markeri spetsiifiline asukoht kromosoomil.

Meetod – toimimisviis; mingi toiminguga või tööetapi läbiviimise printsiip või põhimõte.

Metoodika (analüüsimetoodika) – eesmärgistatud tegevuse läbiviimise eeskiri. Metoodika jaotab tegevuse/protsessi väikemateks osadeks, püstitab osadele eesmärgid ning võib näidata ära meetodid nende eesmärkide saavutamiseks.

Osaline DNA-profiil – alleelid ei ole ilmsiks tulnud kõigis uuritud lookustes.

Petri tass – klaasist või plastist (läbipaistvast polüstüroolist) madal lame silindriline kaanetatud läbipaistev anum, milles mikrobioloogid kasvatavad mikroobikultuure. Petri tasse kasutatakse ka rakukultuuride kasvatamiseks ja muul laboratoorsel otstarbel.

Puutejalg – jalg, mis tekib, kui isik katsub objekti ning seeläbi kannab objektile oma bioloogilise materjali ja/või sõrmejäljed.

Valideerimine - protsess, mille eesmärk on välja selgitada, kas metoodika vastab oma eesmärgile see tähendab kas ta kõlbab analüüsiks, milleks teda soovitakse kasutada.

Ühelt isikult pärinev DNA-profiil (proov) – piisava signaali tugevuse juures ei ole üheski lookuses ilmsiks tulnud üle kahe alleeli.

Y-kromosoom – meessugukromosoom.

## SISSEJUHATUS

1893. aastal tutvustas Francis Galton uut viisi isikute identifitseerimiseks. Ta uuris inimeste sõrmejälgi ning leidis, et need on unikaalsed ning võimaldavad isikut identifitseerida. See avastus muutis kohtuekspertiisi maailma ning oli ühtlasi sõrmejäljeekspertiisi teerajaja. Sõrmejälgi hakati kasutatama nii isikute identifitseerimiseks kui ka kohtumõistmisel tõendusmaterjalina. 1984. aastal avastas Sir Alec Jeffreys, et lisaks sõrmejälgedele saab isiku tuvastamiseks kasutada ka tema geneetilist materjali ehk DNA-d. DNA-d leidub kõigis tuumaga rakkudes, mistõttu on kurjategijatel keeruline lahkuda kuriteopaigalt jätmata maha ühtegi jälge - olgu selleks siis juuksekarv või mõne objekti katsumise tulemusena tekkinud puutejalg, mis kõik sisaldavad geneetilist materjali. DNA analüüs võimaldab nii tundmatuid isikuid identifitseerida kui ka kindlaks teha bioloogiliste jälgede päritolu sündmuskohal või sündmusega seotud objektidel. Viimane võimaldab tuvastada isikuid, kes võisid viibida sündmuskohal ja olla seotud toime pandud kuriteoga. Kriminoloog Edmond Locard on öelnud „*Every contact leaves a trace*“, mis eesti keeles tähendab „Iga kontakt jätab jälje“. See väljaütlemine on ühtlasi saanud kogu kohtuekspertiisi üheks alusprintsipiiks. (Motz, *et al.*, 2019, lk 82-87)

Põhilise osa DNA-ekspertiisi saadetud materjalist moodustavad puutejäljed, mis tekivad, kui isik katsub objekti ning jätab maha papilaarkurrustiku jäljed koos bioloogilise materjaliga. Puutejäljed on ilma eelneva tötluseta enamasti silmale nähtamatud, mistõttu võtavad DNA-ekspertid DNA-proove „pimesi“. DNA-ekspert lähtub proovide võtmisel varasematest kogemustest, teadmistest ja enda sisetundest. Kui puutejäljed saaks enne DNA-proovide võtmist esile tuua, siis DNA-ekspert näeks, millistest kohtades DNA-proove võtta ja see parandaks DNA-ekspertiisi tulemuslikkust ehk suurendaks kasutuskõlblike DNA-profiilide (mida on võimalik kasutada usaldusväärseks isiku identifitseerimiseks) arvu. Lisaks võiks parandada ekspertiisi tulemuslikkust ka asjaolu, et tänu jälgede nägemisele võetakse DNA-proov eeldatavalt ühe doonori jäljest, parandades sellega saadava DNA-tulemuse kvaliteeti ja vähendades segaproovi saamise võimalust.

DNA-proovide võtmiseks (bioloogilise materjali üles korjamiseks) pestakse niisutatud vatitampooniga puhtaks huvipakkuv pind. Kui jäljed on silmale nähtamatud, siis võib juhtuda, et pühitakse ära ka sõrme- ja peopesajäljed, mis oleksid sobilikud sõrmejälje ekspertiisi tegemiseks. Objektide ühine käsitlemine võimaldaks esiletoodud jäljed fotografeerida ja seejärel leida optimaalne lähenemine ekspertiisiliigi valikul - kas jälgede kvaliteet on piisav sõrmejälje ekspertiisiks, DNA-ekspertiisiks või kas õnnestub ühte jälge kasutada mõlema ekspertiisi tegemiseks.

2016. aastal tekkis Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis (edasipidi EKEI) mõte tihendada koostööd DNA- ja sõrmejäljeosakonna vahel. Arutati võimalust muuta DNA-proovivõtu käigus uuritavatel objektidel nähtavaks naha papillaarkurrustiku jäljed. Samal aastal külastati UK Londoni Metropolitan Police'i kriminalistikalaborit ja 2017. aastal Austria BKA biomeetriaosakonda. Saadud kogemuste põhjal alustati 2018. aastal katseteseeriat, selgitamaks välja, kuidas sõrmejälgede esiletoomise meetodikad mõjutavad puutejälgede DNA-analüüsi meetodikaid ja tulemusi. Kuna katsed möödusid edukalt, otsustati 2021. aasta lõpus alustada ühisprojekti tehnilise külje ettevalmistamist. Selleks, et vältida asitõendite kontamineerumist, tuleb puutejälgede esiletoomist teha DNA vabades tingimustes, mistõttu on selleks vaja sisustada eraldi ruum ja soetada eraldi seadmed. Lisaks tuleb välja töötada juhised kontaminatsiooni vältimiseks ning valideerida puutejälgede esiletoomise meetodika.

“Kriminaalpoliitika põhialustes aastani 2030“ on kirjas “Jätkuvalt tuleb arendada kohtuekspertiisi, et kriminaalmenetluses tõendite kogumisel võimalikult hästi ära kasutada teaduse ja tehnoloogia võimalusi ja arengut” (Justiitsministeerium, s.d., lk 8). Magistr töö **aktuaalsus** on tingitud sellest, et puutejäljed moodustavad põhiosa DNA-osakonnas analüüsitavatest proovidest ning puutejälgedest proovide võtmine ja analüüsimine on nende silmale nähtamatu iseloomu ja vähese DNA sisalduse tõttu problemaatiline ning sellest tulenevalt on puutejälgede DNA-ekspertiisi edukus madal. Seetõttu on väga oluline, et puutejälgede analüüsimise meetodikaid arendataks ning proovide analüüsimiseks kasutatakse parimaid võimalikke meetodikaid. Selle tulemusena saadakse puutejälgedest võetud proovidest senisest paremaid tulemusi ja see omakorda aitab identifitseerida rohkem isikuid ja lahendada suuremal arvul kuritegusid.



Magistritöö teema **uudsus** tuleneb sellest, et EKEI-s soovitakse võtta kasutusele uudne lähenemine, mida ei ole varasemalt kasutatud Eestis DNA-ekspertiiside tegemisel ning see võib saada aluseks ka täiesti uue ekspertiisiliigi tekkimisele. Sellisel juhul ei otsusta tellija, kas ta soovib DNA-ekspertiisi või sõrmejälje ekspertiisi, vaid tellitakse näiteks identifitseerimise ekspertiis. DNA ja sõrmejälje eksperdid otsustavad ühisvaatluse tulemusena, milliseid ekspertiise on otstarbekas teha selleks, et isikut identifitseerida. See on **uuenduslik** lähenemine, mille tulemusena võiks DNA-ekspertiiside tulemuslikkus ja sellest tulenevalt ka kuritegude avastamine efektiivsus ja sisejulgeolek kohalikul tasemel suurenda. Maailmas on mõned üksikud riigid, kus on antud magistritöös valideeritud meetodika võetud kasutusele, kuid suurem osa laboreid kasutab nõ „pimesi“ DNA-proovide võtmist. Varasemalt on A. Lehepuu uurinud erinevate meetodikate kasutamist puutejälgede (sõrmejälgede) esiletoomiseks ning nende mõju DNA-ekspertiisi tulemustele. Täpsemalt, kas esiletoomise meetodika, millega sõrmejäljed esile tuuakse lagundab DNA-d või segab DNA analüüsiks kasutatavate meetodikate efektiivsust ning seeläbi mõjutab analüüsi tulemusena saadud DNA-profiili kvaliteeti. Lehepuu uuringu tulemused näitasid, et on mõned puutejälgede esiletoomise meetodikad, mis sobivad nii jälgede esiletoomiseks kui ka neist jälgedest DNA-ekspertiisi tegemiseks, see tähendab, et need esiletoomise meetodikad ei avalda negatiivset mõju DNA-analüüsi tulemustele. Näiteks tsüanoakrülaat ehk liimiaru meetodika kasutamine ei mõjuta DNA-ekspertiisi tulemusi. Seevastu kui liimiaru meetodikat kasutati koos „*Basic Yellow*“ töötlusega, siis vähenes DNA saagis ja ilmsiks tulnud alleelide arv osade proovide puhul märkimisväärselt. Samuti mõjus DNA-analüüsi tulemustele negatiivselt nihüdriini kasutamine puutejälgede esiletoomiseks (Lehepuu, 2012, lk 49).

Käesoleva magistritöö kirjanduse ülevaade kirjeldab erinevaid puutejälgede esiletoomise meetodikaid ja analüüsib nende potentsiaalset kasutamist jälgede esiletoomiseks DNA-ekspertiisi tegemiseks. Lisaks antakse ülevaade puutejälgedest, nendega seotud eripäradest, proovivõtu tehnikatest ning sellest kuidas tagada DNA proovivõtuks vajalikud tingimused, mis võimaldavad vältida kontaminatsiooni ning millest lähtudes töötatakse töö praktilises osas välja tingimused kontaminatsioonivabaks puutejälgede esiletoomiseks. Töö praktilises osas luuakse vajalikud tingimused uue meetodika (naha papilaarkurrustiku jälgede esiletoomine kasutades tsüanoakrülaatlíimi)

kasutusele võtmiseks DNA-osakonna laboris, valideeritakse metoodika ning hinnatakse uue metoodika kasutusele võtmise mõju DNA-ekspertiisi tulemuslikkusele. Saadud tulemused kirjeldatakse.

Magistritöös otsitakse lahendust **uurimisprobleemile**, millist mõju avaldab puutejälgede esiletoomine DNA-ekspertiisi tulemuslikkusele?

Tulenevalt uurimisprobleemist on sõnastatud **kolm uurimisküsimust**:

1. Kas EKEI-s sõrmejäljeosakonnas kasutusel olevaid sõrmejälgede esiletoomise metoodikaid saab kasutada DNA-osakonnas puutejälgede esiletoomiseks ja DNA-ekspertiisi tegemiseks?
2. Kuidas vältida puutejälgede esiletoomisel analüüsi materjali kontamineerumist?
3. Millisel määral puutejälgede esiletoomine enne DNA-ekspertiisiks proovide võtmist (kasutades tsüanoakrülaatiimi) parandab DNA-ekspertiisi tulemuslikkust?

Käesoleva magistritöö **eesmärgiks** on selgitada välja seos DNA proovivõtus puutejälgede esiletoomise ja DNA-ekspertiisi tulemuslikkuse vahel.

Magistritöö eesmärgi saavutamiseks sõnastatud uurimisküsimusele vastamiseks püstitati järgmised **uurimisülesanded**:

1. Uurida kohtuekspertiisi valdkonna erialakirjanduse ja varasemate uuringute põhjal, millised puutejälgede esiletoomise metoodikad sobivad kasutamiseks DNA-ekspertiisiks.
2. Uurida millised on sagedasemad objektid ja materjalid, millele on varasema määratud nii DNA- kui ka sõrmejäljeekspertiis ning kasutatud puutejälgede esiletoomiseks tsüanoakrülaatiimi metoodikat.
3. Töötada välja ja valideerida metoodika puutejälgede esiletoomiseks kasutades tsüanoakrülaatiimi.

4. Viia läbi katsed, kus võetakse võrdlevalt DNA-ekspertiisiks proove ilma jälgi esile toomata, nii öelda „pimesi“, ja võetakse järgedelt DNA-proovid peale jälgede esile toomist. Hinnatakse kumb lähenemine on tulemuslikum.
5. Sünteesida teooriast ja kogutud andmetest järeldused otsitava seose kohta.

Magistritöö eesmärgi täitmiseks viiakse läbi mitmed erinevad kvantitatiivsed uuringud. Andmete kogumiseks kasutatakse registreid ja eksperimente. Eksperiment on katse, mis viiakse läbi kontrollitud tingimustes, et väidet kontrollida või määrata uurimata asja efektiivsust (Cook, *et al*, 2002). Eksperimendi käigus tehakse kindlaks määratletud muutujate põhjuslik- ja tulemuslik seos (Tanner, 2002, p 125). Eksperimendi läbi viimine aitab tagada uurimuse korratavust ja võimaldab tulemusi üldistada. Antud magistritöö käigus viiakse läbi eksperimendid sobiva metodika valideerimiseks, kontaminatsioonivabade tingimuste väljatöötamiseks ja DNA-ekspertiisi tulemuslikkuse hindamiseks. Andmeanalüüsimeetodina kasutatakse kvantitatiivset järeldatavat statistikat. Valimiks on selles magistritöös sihipärane valim, kuna eksperimendid on üles seatud leides populatsiooni kõige tüüpilisemad esindajad.

Töö autori roll katsete läbi viimisel on:

- osaleda katseplaani välja töötamises,
- osaleda koos sõrmejäljeekspordiga jälgede esiletoomise etapis,
- osaleda koos DNA-ekspordiga DNA-proovide võtmise etapis,
- fotografeerida esile toodud jäljed,
- osaleda saadud andmete analüüsimises,
- kirjeldada projekti-tulemused.

Magistritöö koosneb kahest peatükist. Esimene peatükk on teoreetilist tausta selgitav ja põhjendav osa, milles käsitletakse DNA-ekspertiisiks proovide võtmist, kontaminatsiooni vältimist ja sõrmejälje ekspertiisi tegemiseks kasutatavaid metodikaid ja nende sobivust DNA-analüüsiks jälgede esiletoomiseks. Teine peatükk annab ülevaate uurimistöös kasutatud metodikatest ja analüüsib saadud andmeid. Teises peatükis tehakse järeldused ning tuuakse välja uuringu positiivsed ja negatiivsed küljed koos soovitusetega jätku-uuringute jaoks.

# 1. DNA-EKSPERTIISIKS PROOVIDE VÕTMINE PUUTEJÄLGEDEST

## 1.1. Puutejäljed ning DNA-proovide võtmine puutejälgedest

Alapeatükis antakse lühiülevaade puutejälgedest DNA-ekspertiisi kontekstis, selgitatakse mis on puutejäljed ja kuidas toimub puutejälgedest DNA-proovide võtmine.

1984. aastal avastas Sir Alec Jeffreys tehnika, mille abil on võimalik määrata isiku unikaalne geneetiline sõrmejalg (Zagorski, 2006, pp. 8918-8920). 1986. aastal kasutas politsei esimest korda DNA-ekspertiisi kurjategija tabamiseks. Aastatel 1983 ja 1986 vägistati ja seejärel tapeti kaks teismelist tüdrukut. Kuigi kuritegude toimepanemise vahe oli kolm aastat oli politsei kindel, et kuriteod on toime pandud ühe ja sama isiku poolt. Uurimise käigus vahistatud isik tunnistas üles, et on süüdi 1986. aastal toime pandud tapmises, kuid eitas oma süüd esimese teismelise juhtumis. Politsei palus Sir Alec Jeffreys'e abi võrdlemaks kahte DNA-profiili, mis olid saadud seemnevedelikku sisaldavatest proovidest. Leiti, et mõlema kuriteod on toime pandud siiski ühe kurjategija poolt. Lisaks selgus, et vahistatud isik, kes oma süüd ühes kuriteos tunnistas, ei olnud nende juhtumitega seotud. See oli ühtlasi esimene juhtum, kus süütu isik vabastati tänu DNA-ekspertiisi tulemustele. Seejärel koguti 5000-lt kohalikult mehelt vereproovid, et nende DNA-profiile võrrelda seemnevedelikuplekkidest saadud DNA-profiilidega. Mitte ükski isik ei andnud kokkulangevat tulemust. Mõni aeg hiljem hakkasid levima jutud, kuidas üks mees oli andnud vereproovi teise mehe nime alt. Sealt edasi hakkas juhtum hargnema ning jõuti välja õige kurjategijani, kelle DNA-profiil langes kokku mõlema kuriteo raames saadud DNA-profiilidega. See oli esimene juhtum, kus kurjategija mõisteti süüdi DNA-tõendite alusel. (Arnaud, 2017; Zagorski, 2006, pp. 8918-8920)

Eespool toodud näite puhul analüüsiti vere- ja spermaproove. Puutejälgedest DNA-proovide võtmist testiti esmakordselt 1997 aastal ning näidati, et DNA-profiili on edukalt võimalik määrata erinevatelt objektidelt, mida on palja käega katsutud. See uurimistöo (Van Oorschot & Jones, 1997, pp. 767-768) oli puutejälgede DNA-analüüsi teerajaja ning avas täiesti uue ajastu kohtukriminalistika valdkonnas. Järgneva viie aasta

jooksul publitseeriti suurel hulgal uurimistöid (Wickenheiser, 2002, pp. 442-450; Van Oorschot, *et al.*, 2003, pp. 803-807; ), mis näitasid, et puutejälgedes olevat bioloogilist materjali on võimalik edukalt analüüsida ja kasutada isiku identifitseerimiseks (Van Oorschot & Jones, 1997, pp. 767-768). Puutejälgede analüüs sai võimalikuks tänu sellele, et DNA analüüsimiseks kasutatavad meetodikad muutusid tundlikumaks. Viimase 10 aasta jooksul on meetodikate tundlikkus veelgi suurenenud. Võib piisata sündmuskohale jäetud ühest sõrmejälje fragmendist, et saada tulemus, mille alusel on võimalik isikut identifitseerida. (Van Hoofstat, *et al.*, 1999, pp. 2872-2873)

Puutejälgede analüüsi kasutusele võtmine suurendas oluliselt analüüsitavate proovide arvu DNA-laborites, sest puutejälgi on võimalik võtta praktiliselt igalt objektilt. Lisaks pikendas see analüüsiks kuluvat aega ja seda kahel põhjusel. Esiteks tõusis analüüsitavate proovide arv ning teiseks, on puutejälgedest saadud DNA-profiilide interpreteerimine oluliselt ajamahukam. Kui vere- ja spermaproovidest saadud DNA-profiilid pärinevad valdavalt ühelt doonorilt, siis puutejälgedes olev DNA pärineb enamasti mitmelt doonorilt ning on väga madala DNA sisaldusega, mis omakorda lisab keerukust tulemuste interpreteerimisel. (Tozzo, *et al.*, 2022, p 2)

Puutejälgedest DNA-proovide võtmiseks kasutatakse mitmeid erinevaid meetodeid. Meetodi valik sõltub sellest, milliselt pinnalt proove võetakse. Kõige enam levinumad on ühe vatitampooni meetod (vt joonis 1), kahe vatitampooni meetod ja teibimeetod. (Tozzo, *et al.*, 2022, p 6) Vatitampooni meetodid annavad häid tulemusi mittepoorsete pindade puhul (näiteks plastik, klaas, metall või kile) ja teibimeetodika annab häid tulemusi poorsetelt pindadelt (näiteks riietelt) puutejälgedest proovide võtmisel. (Tozzo, *et al.*, 2022, p 6 ; Verdon, *et al.*, 2014, pp. 179-186)

Ühe vatitampooni meetodi puhul kasutatakse ühte vatitampooni, mida vahetult enne proovi võtmist niisutatakse puhtas destilleeritud vees. Niisutatud vatitampooniga leotatakse lahti ja korjatakse kokku uuritava pinnal olev bioloogiline materjal. Kahe vatitampooni meetodika korral kasutatakse kahte vatitampooni. Esimene vatitampoon niisutatakse puhtas destilleeritud vees ning sellega pestakse puhtaks pind, kust soovetakse materjali koguda. Seejärel võetakse kuiv vatitampoon ja kuivatatakse sellega niisutatud pind. Esimese, märja vatitampooniga leotatakse rakumaterjal pinna küljest lahti ja rehüdreeritakse rakud. Teise, kuiva vatitampooniga korjatakse kokku

rehüdreeritud rakud, mis seonduvad teisele (kuivale) vatitampoonile oluliselt paremini. Kuna proovid on võetud ühest ja samast kohast, siis pannakse võetud proovid sündmuskohal ühte pappkarpi ning hiljem laborisse jõudes analüüsitakse koos ühes tuubis ühe proovina. (Ladd, *et al.*, 1999, pp. 1270-1272; Hedman, *et al.*, 2021; Williamson, 2012, p 2; Pang & Cheung, 2007, p 181)

Erinevad uuringud on näidanud, et kahe vatitampooni meetodi kasutamine on tõhusam võrreldes ühe vatitampooni meetodiga. Seda ennekõike olukorras, kus bioloogilist materjali on väga väikses koguses ning on oluline, et vatitampoonile korjatakse kogu bioloogiline materjal. (Oorschot, *et al.*, 2010, p 3; Pang & Cheung 2007, pp. 181-184). Ühevattitampooni meetodi kasutamisel on kriitilise tähtsusega vatitampooni optimaalne niisutamine destilleeritud vees. Kui vatitampoon jääb liiga märjaks, siis leotatakse rakumaterjal pinna küljest lahti, kuid seda ei korjata vatitampooni külge st rehüdreeritud rakud jäävad maha objekti pinnale.



Joonis 1. Vatitampooniga DNA-proovi võtmine (autori koostatud)

Teibimeetodi puhul kasutatakse kas kleplinti (näiteks SceneSafe Mini Tape; (Verdon, *et al.*, 2014 pp. 179-186) või spetsiaalse aplikaatoriga liimipinda, näiteks DNA-stub (Scientific Analytical Tool, 2022) (vt joonis 2). Uuritaval pinnal olev bioloogiline materjal kogutakse teibi liimipinnale. Vahemikus 2002-2010 ilmus mitmeid publikatsioone, mis näitasid teibimeetodi tõhusust just poorselt pindadelt materjali

kogumisel (Barash, *et al.*, 2010, pp. 1058-1964; Van Oorschot, *et al.*, 2010, p 3; Hansson, *et al.*, 2009, pp. 189-190; Li & Harris, 2003, pp. 1318-1321). Laiemalt võeti teibimeetodi rutiin laborites kasutusele alles vahemikus 2010-2020. Teibimetoodika on sobilik kasutamiseks ka mittepoorsete pindade puhul. Võrreldes vatitamponi meetodiga annab see mittepoorsete pindade puhul võrdväärseid tulemusi, kuid käesoleval hetkel on teibid oluliselt kallimad võrreldes vatitamponidega. Teibimetoodika kasutamine on kiire ja lihtne, kuid tuleb olla ettevaatlik, et proovi ei võeta liiga suurelt alalt, mille tulemusena korjatakse kokku paljude erinevate doonorite materjale. Sama kehtib ka vatitamponi meetodite kohta. (Ladd, *et al.*, 1999, pp. 1270-1272, Hedman, *et al.*, 2021)



Joonis 2. DNA-stub (Scientific Analytical Tool, 2022)

DNA-ekspertiisi tulemuslikkust mõjutab ka jälje doonori individuaalne eripära - erinevate isikute puutejäljed võivad olla väga erineva DNA sisaldusega (Hefetz, *et al.*, 2019, pp. 105-112). Mitmed varasemad uurimistööd on näidanud (Johannessen, *et al.*, 2021), et erinevate isikute *sheddar status* ehk võime jätta oma bioloogilist materjali maha, on väga erinev. See võib olla mõjutatud paljudest erinevatest faktoritest nagu näiteks isiku tervislik seisund (näiteks nahahaigused), harjumused (näiteks käte pesemine), vanus, sugu, ärevusseisund (näiteks higistamine), (Kamphausen, *et al.*, 2012, pp. 179-183; Manoli, *et al.*, 2016, pp. 103-112). Lisaks sellele, et inimestel on erinev võime endast bioloogilist materjali maha jätta, on neil ka erinev võime kvaliteetseid sõrmejälgi endast maha jätta (Champod, 2016, p 26). Sealjuures ei pruugi head DNA-doonorid olla head sõrmejälje doonorid ja vastupidi (Dominick, *et al.*, 2009).

Kui verejäljed on silmale nähtavad, siis puutejälgede puhul toimub proovivõtt enamasti „pimesi“. Üksikud erandid võivad olla sõrmejäljed, mis tulenevalt nii jälje kui ka pinna iseloomust on valguse käes silmale nähtavad. „Pimesi“ proovide võtmisel toetub ekspert loogikale ja varasemale kogemusele proovides aimata, kus on need potentsiaalsed kohad objektidel, mida isik võis puudutada. Kuna sageli on uuritavate objektidega kontaktis olnud mitmed isikud, siis sisaldavad puutejälgedest võetud proovid enamasti DNA-d mitmetelt isikutelt st on segaproovid. Kui DNA-proov sisaldab DNA-d väga paljudelt isikutelt, siis ei ole see kasutatav isiku usaldusväärseks kindlakstegemiseks. Näiteks saab selliseid proove suure tõenäosusega ukselehtedelt, poelettidelt, pangaautomaadi nappudelt jne. (Sadam, *et al.*, 2013, lk 64)

## **1.2. Kontaminatsiooni vältimine**

Alapeatükis selgitatakse lühidalt, mis on kontaminatsioon ja kuidas seda puutejälgedest DNA-proovide võtmisel vältida.

Kontaminatsioon tähendab DNA-ekspertiisi kontekstis kõrvalise isiku bioloogilise materjali sattumist proovi või ekspertiisiobjektile (Forensic Science Regulator Guidance, 2020, p 12). Kontaminatsiooni saab jagada kaheks – isikukontaminatsiooniks ja ristkontaminatsiooniks. Isikukontaminatsioon on tekkinud isikute kaudu, kes ei ole kuriteoga seotud (näiteks sündmuskohal töötavad kriminalistid, politseinikud, meditsiinipersonal, eksperdid või sündmuskohale enne politseid saabunud muud isikud) (Sadam, *et al.*, 2013, lk 59; Baldwin & May, 2017) Isikukontaminatsioon võib tekkida mitmetel erinevatel viisidel, näiteks on vaja meditsiinipersonalil või päästetöötajatel päästa inimese elu enne, kui sündmuskoht suletakse. Kontaminatsioon saab tekkida ka sündmuskohal töötavate isikute kaudu, kes koguvad ekspertiisideks materjali. Kõige tõenäolisemalt juhtub see seetõttu, et ei kanta puhtaid ühekordseid kaitseriideid (näiteks kindaid ja maski) ning asitõendi kohal räägitakse, köhitakse, aevastatakse või kinnastatud kätega puudutatakse näiteks oma nägu. Samuti võib kontaminatsioon tekkida asitõendite kogumisvahendite või pakkematerjaliga kokku puutunud isikute kaudu või ka kui hiljem proovide või asitõenditega kokku puutunud isikud ei kasuta korrektset kaitseriistust ja töövõtteid. Kontaminatsiooni kahtluse kontrollimiseks tuleb



võtta DNA-proovid isikutelt, kes on kokku puutunud asitõenditega. (Sadam, *et al.*, 2013, lk 59)

Ristkontaminatsiooni puhul toimub bioloogilise materjali ülekandumine ühelt asitõendilt teisele asitõendile või ühelt sündmuskohalt teisele sündmuskohale. Selline kontaminatsioon on väga raskesti jälitav. Ristkontaminatsioon võib tekkida kui näiteks asitõendite pakkematerjali kasutatakse korduvalt või kasutatakse samasid kaitsevahendeid erinevatel sündmuskohtadel. Lisaks võib seda põhjustada potentsiaalselt erinevast allikast pärinevate (erinevate isikutega kokku puutunud) asitõendite kokku pakkimine ühte pakendisse või kui erinevate objekte töötlemisel kasutatakse sõrmejälgede esiletoomiseks sama sõrmejäljepulbrit ja pintsilt. Kahtlustades ristkontaminatsiooni teket tuleb sellest alati teavitada DNA-osakonda, et saaks võimalikke kahtlusi kontrollida. (Sadam, *et al.*, 2013, lk 60)

Kontaminatsiooni vältimiseks on mitmed uuringud Balk (2015) ja Fonnelløp (2016) välja toonud vajalikud tegevused ning nimekirja vahenditest, mis aitavad hoiduda nii ristkontaminatsioonist kui ka isikukontaminatsioonist. Fonnelløp (2016) näitas oma uurimuses, et DNA, mis on välispakendi välispinnal võib õigete töövõtete puudumise tõttu kanduda edasi pakendis olevale objektile. Kontaminatsiooni vältimiseks on ülioluline paika panna protokoll, mis kirjeldab:

1. ühekordse kaitseriietuse kasutamist
2. ühekordsete töövahendite kasutamist
3. korduvkasutatavate töövahendite puhastamist
4. töövõtted sündmuskohal, laboris, morgis töötamiseks
5. seada sisse regulaarne puhtuse kontrollimine laboris
6. luua eliminatsiooni andmebaas kontaminatsiooni avastamiseks

(Balk, 2015; Forensic Science Regulator Guidance, 2020, pp. 12-23)

Proovide kontamineerumine võib seada ohtu kuude pikkuse töö ning kohtus seada kahtluse alla saadud tõendite usaldusväärsuse või kõige hullemal juhul saata vangistusse vale inimese. Briti kodakondsusega Meredith Kercheri mõrva juhtum oli alates 2007 aastast meedia tähelepanu all. Itaalias tapeti Meredith Kercher oma enda kodus ning ainsateks asitõenditeks olid rinnahoidja klamber, mis võeti sündmuskohalt poolteist kuud peale mõrva ning kööginuga, mis ei olnud verine. Seoses Meredithi mõrvamisega

vahistati kolm isikut. Nendest kaks vabastati 2015. aastal, sest tuli välja, et asitõendite pakendamise ajal ning nendega käitlemise ajal ei kasutatud kindaid ning asitõendeid oli valesti käsitletud kogu protsessi ajal. See juhtum oli suureks „häbiplekiks“ kohtuekspertiisi ajaloos ning peale seda hakati rangemalt protseduuri reegleid järgima. (Gill, 2016, pp. 9-18)

Peamised isikukaitsevahendid, mida politseinikud ja kriminalistid sündmuskohal kasutavad on kaks paari ühekordseid kindad, kus teine paar pannakse kätte vahetult enne DNA-proovide võtmist, juuksevõrk, näomask, ning tõsisemate kuritegude puhul lisaks kaitseülikond ja jalanõude katted (vt joonis 3) (Williamson, 2012, pp. 2-3).



Joonis 3. Kaitseriietus kontaminatsiooni vältimiseks (autori koostatud)

Laboriruumis lähtutakse kontaminatsiooni vältimiseks kõigist ülaltoodud nõuetest ja tööpõhimõtetest. Lisaks puhastatakse kontaminatsiooni vältimiseks enne töö alustamist ja peale töö lõpetamist kõik tööpinnad ja korduvkasutatavad töövahendid ning kasutatakse DNA lagundamiseks UV lampe. DNA-laborid kontrollivad regulaarselt pindade ja töövahendite puhtust. Ka liimaurukappide puhul, mida kasutatakse

sõrmejälgede esiletoomiseks, soovitatakse kasutada UV lampe, regulaarselt pindasid puhastada ning kontrollida pindade puhtust (Balk, 2015).

### **1.3. Sõrmejälgede esile toomise meetodikad ja nende kasutamine DNA ekspertiisiks puutejälgede esile toomiseks**

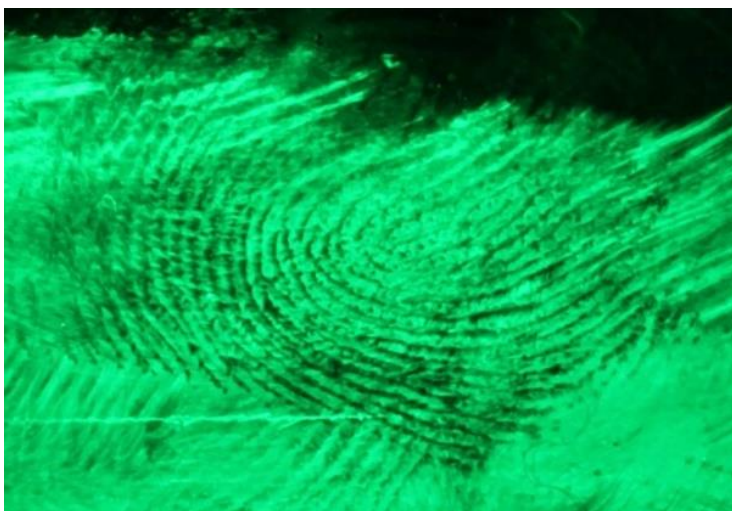
Varasemalt on publitseeritud mitmeid uuringuid, kus on näidatud, et osasid sõrmejälje esiletoomise meetodikaid saab edukalt kasutada DNA-ekspertiisiks puutejälgede esiletoomiseks ning kasutatud meetodikad ei inhibeeri ehk takista DNA-ekspertiisi erinevaid etappe. Samuti on näidatud, et osad meetodikad selleks ei sobi, kuna kas lagundavad DNA-d, segavad DNA-analüüsimiseks kasutatavaid meetodikaid või sisaldavad erinevaid pesuetappe, mille käigus on suur oht, et DNA-d sisaldav materjal pestakse objekti pealt maha. Alljärgnevalt on toodud lühidalt erinevate sõrmejälje esiletoomise meetodikate tööpõhimõtted ning nende mõju DNA-ekspertiisi tulemustele.

Sõrmejälgede esiletoomise meetodikad võib jagada kolmeks:

1. meetodikad, mis sobivad poorsetele pindadele (näiteks tekstiil);
2. meetodikad, mis sobivad mittepoorsetele pindadele (näiteks klaasi, plastik, kile);
3. meetodikad, mis sobivad nii poorsetele pindadele kui ka mittepoorsetele pindadele.

Sõrmejälgede esiletoomiseks mittepoorsetelt pindadelt kasutatakse laialdaselt CNA ehk tsüanoakrülaatmeetodikat (*cyanoacrylate fuming*). CNA tööpõhimõte on pikemalt lahti kirjutatud punktis 1.4. CNA puhul on varasemalt näidatud, et see ei avalda DNA-analüüsile negatiivset mõju. Pigem vastupidi, tänu jälgede esiletoomisele, aitab tõsta DNA-ekspertiisi tulemuslikkust. (Lim *et al.*, 2016) Kui CNA meetodikat kasutada koos *Basic Yellow 40* töötlusega, siis on täheldatud mõningast negatiivset mõju DNA-analüüsi tulemustele (Lehepuu, 2012, lk 31-34). Tugevamat negatiivset mõju täheldati metallist hülsside puhul ja nõrgemat mõju minigrip kilekottide, lakitud puidu, plastikust kanistri ja klaasile tehtud jälgede puhul. *Basic Yellow 40* on lahus, mille abil on võimalik sõrmejäljed fluorestseeruvatena esile tuua (vt joonis 4). BY40 reaktiivile lisatakse kas vett või alkoholi ning seejärel kantakse valmistatud lahus uuritava objektile. Seda võib objektile peale valada, pihustada, kanda peale spetsiaalse pintsliga või siis asetatakse

objekt otse lahuse sisse. Üleliigne lahus loputatakse veega, uuritava objektile lastakse kuivada ning seejärel vaadatakse objekti sinises või sinakas-rohelises valguses. (Drzewiecka & Rogoża, 2019, pp. 60-65) BY 40 töötamise negatiivne mõju DNA-analüüsile võib olla tingitud sellest, et töötamise käigus kui objekti leotatakse BY 40 lahuses ja hiljem loputatakse veega, siis selle tulemusena pestakse uuritava objekti pealt DNA maha. Kuna BY40 järgi vaadatakse mõnikord ka UV-valguses, siis võib ka UV-l olla DNA-d lagundav toime.



Joonis 4. CNA meetodikaga esile toodud sõrmejalg purgi ümbrise detailil. Jäljele on tehtud BY40 töötamine. Foto on tehtud kasutades lainepikkust 450 nm ja filtrit 495 nm (BVDA 2023a)

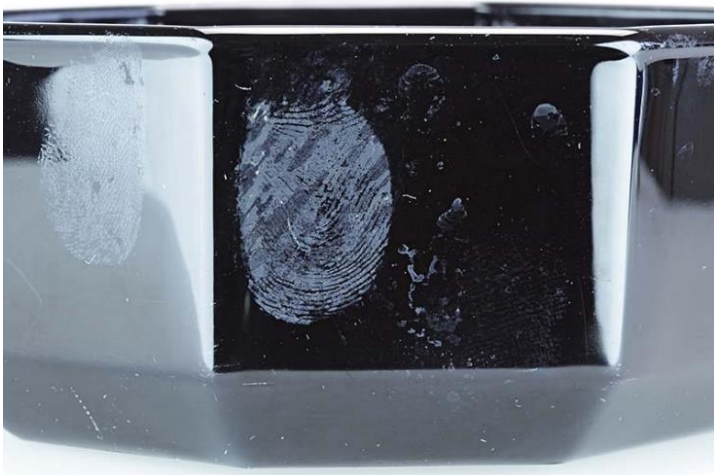
*Polycyano UV* (PC UV) meetodikat kasutatakse poorsetel ning mittepoorsetel pindadel sõrmejälgede esiletoomiseks (vt joonis 5). Eriti kasutatakse seda meetodikat just heledatel ja valgetel objektidel. Kui CNA meetodika puhul ei ole jäljed heledal pinnal nähtavad (sest esile toodud jäljed on valget värvi) ning jälgede nähtavaks tegemiseks töödeldakse neid fluoretseeruva värvainega, siis PC UV puhul on liim ja fluoretseeruv värvaine eelnevalt omavahel kombineeritud. (Li, *et al.*, 2022, pp. 550-559) Meetodika on äärmiselt sarnane CNA-le, kuid PC UV puhul kasutatakse fluoretseeruva värvilisandiga pulbrilist tsüanokralüütliimi. EKEI-s võeti PC UV meetodika kasutusele 2016. aastal (Mei, 2022, lk 162). Esile toodud jäljed fluoretseeruvad UV valguses. Liimikapis kasutatavatest meetodikatest on Polycyano UV meetodika puhul täheldatud, et see põhjustab DNA-profiili kvaliteedi langust. See võib olla tingitud sellest, et jälgede

vaatamisel kasutatakse UV-valgust, millel on DNA-d lagundav toime. (Khuu, *et al.*, 2018).

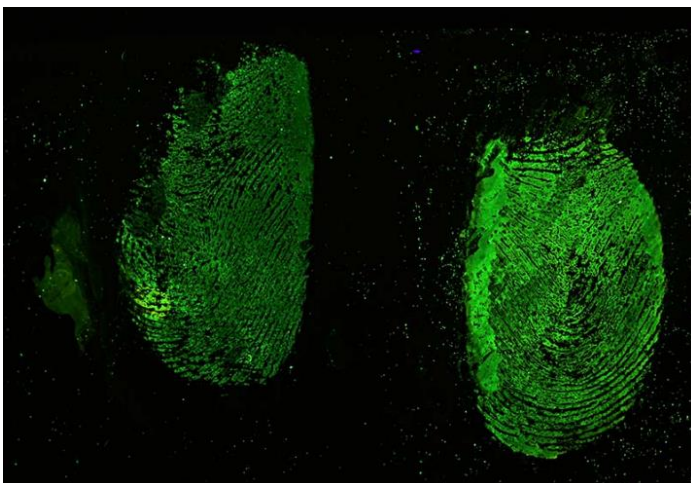


Joonis 5. PC UV meetoodikaga esiletoodud sõrmejäljed musta keraamilise plaadi peal. Jäljed fluoretseeruvad UV valguses (Foster + Freeman, 2023)

*Acid Yellow 7* (AY7) meetodikat kasutatakse veremäärumisega sõrmejälgede esiletoomiseks mittepoorsetel pindadel (vt joonis 6) (Mei, 2022, lk 162). *Acid Yellow 7* lahuse sisaldab vett, äädikahapet, etanooli ja AY7 värvainet. Jälgede esiletoomiseks AY7 lahusega tuleb asitõendit asetada lahusesse või pihustada lahust asitõendile. Töötluse tulemusena värvuvad veres olevad aminohapped kollaseks ning need fluorestseeruvad sinises või sinakasrohelistes valgusspektris (vt joonis 7). (Forensic Science Center Houston, 2019, pp. 2-5) AY7 töötluse mõju DNA-analüüsile on varasemalt uuritud ning näidatud, et kuna AY7 lahuse on väga happeline, siis lagundab see DNA-d ning kvaliteetse DNA-profiili saamine on ebatõenäoline. Lisaks pakuti välja, et kui kasutada vähem happelist AY7 lahust võib see suurendada kvaliteetse DNA-profiili saamise tõenäosust, kuid see vajab põhjalikumaid uurimisi. (Pithone, *et al.*, 2012, pp. 6-13) EKEI-s võeti see meetoodika kasutusele 2012. aastal (Mei, 2022, lk 162).

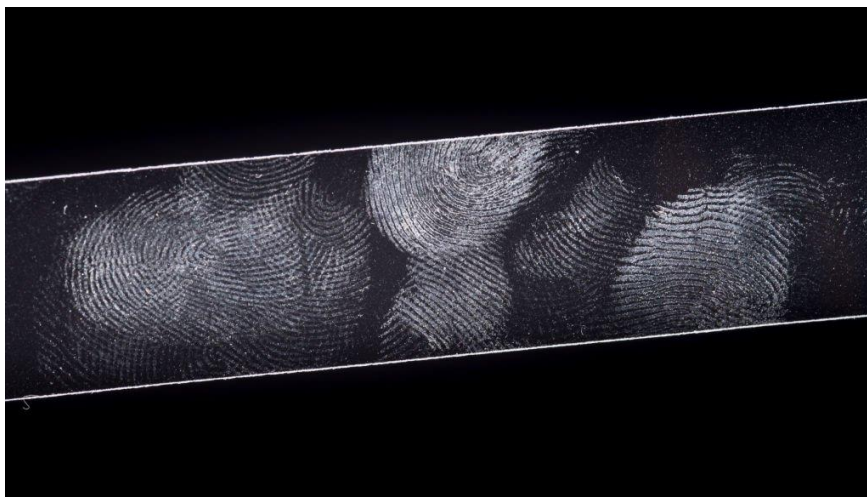


Joonis 6. Verised sõrmejäljed musta värvi klaasist objektil. Foto on tehtud kasutades külgvalgust (BVDA, 2023b)



Joonis 7. AY7 meetodikaga esiletoodud sõrmejäljed. Sõrmejäljed fluorestseeruvad rohelises valguses (BVDA, 2023b)

*Sticky side* pulber (SSP) meetodikat kasutatakse sõrmejälgede esiletoomiseks kleepuvatelt liimipindadelt (Mei *et al.*, 2013, lk 39). SSP pulber lahustatakse vees ning saadud lahus kantakse kas pintslil abil uuritava objekti liimipinnale või siis asetatakse liimipind vedeliku sisse. Seejärel loputatakse üleliigne vedelik õrnalt veega maha. Pärast SSP lahusega teibi kleepuva poole töötlemist oodatakse 10-15 sekundit. Liimipinnale jäävad helehallid jäljed, millel lastakse toatemperatuuril kuivada (vt joonis 8). (Burns, 1994, pp. 133-138) Teadaolevalt mõju DNA-ekspertiisi tulemustele ei ole uuritud.



Joonis 8. SSP meetodikaga esiletoodud sõrmejäljed teibi liimpinnal. Foto tegemisel on kasutatud külgvalgust (In The Loop, 2022)

*Wet powder* (WP) meetodikat kasutatakse mitteporsetel objektidel (näiteks kleeplintidel, teipidel ning muudel kleepuvatel pindadel), mis on eelnevalt olnud niisketes oludes või hoitud vees. WP lahust on olemas kahte erinevat värvi, nii valget kui ka musta värvi. Tegemist on lahusega, mis sisaldab detergenti ja titaanium dioksiidi. Viimane seondub sõrmejäljes olevate lipiididega, mille tulemusena kujunevad välja silmaga nähtavad sõrmejäljed (vt joonis 9). Lahus kantakse pintsliga uuritavale pinnale ning seejärel loputatakse üleliigne lahus veega maha (Fabiszak, 2019, pp. 96-122) Varasemalt on publitseeritud uuring, kus kasutati WP töötlust kaablikestade peal, et seal olevaid sõrmejälgi esile tuua ning esile toodud jälgedest DNA-proovid võtta. Uuringu tulemusena selgus, et WP töötlusel oli DNA-ekspertiisile pigem negatiivne mõju, kuna suure tõenäosusega pesti DNA sõrmejälgede esiletoomise käigus objektilt maha. (Lim *et al.*, 2016)



Joonis 9. WP meetodikaga esiletoodud sõrmejalg läbipaistval teibil (BVDA, 2023c)

Sõrmejälgede esiletoomiseks nii poorsetelt kui mittepoorsetelt pindadelt kasutatakse erinevaid pulbermeetodikaid, näiteks tahmapulber, fluoretseeruvpulber, magnetpulbrid (vt joonis 10). Tahmapulbri puhul on näidatud, et selle kasutamine ei oma negatiivset efekti DNA-ekspertiisile (Nontiafirom, *et al.*, 2019, pp. 546-548). Küll aga tuleb tähelepanu pöörata õigetele töövõtetele see tähendab tuleb kontaminatsiooni vältimiseks kasutada ühekordseid pintsleid ja pulbri anumaid. Sarnaselt on näidatud, et infrapunase fluoretseeruva pulbri (fpNATURAL<sup>®</sup>1) kasutamine ei mõjuta DNA-ekspertiisi tulemust (Al Oleiwi, *et al.*, 2017, pp. e39-e43). Samuti ka magnetpulbrite puhul ei mõjuta DNA-ekspertiisi tulemust (Thamnurak, *et al.*, 2011, pp. e524-e525).





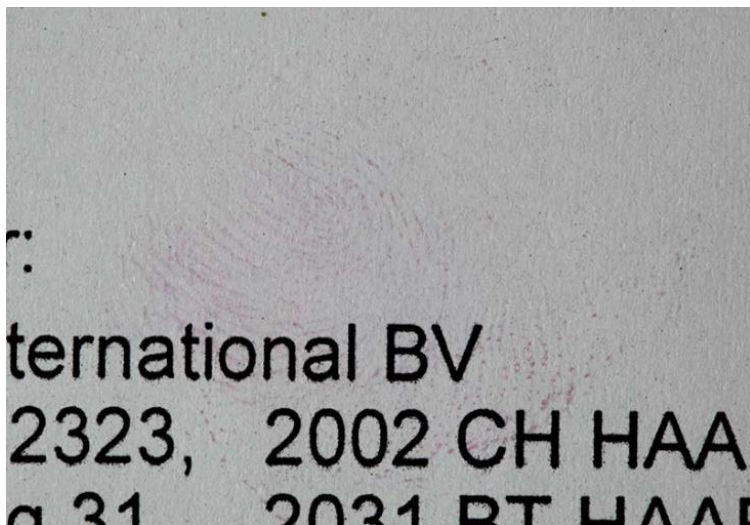
Joonis 10. Hõbedast värvi magnetpulbriga esiletoodud sõrmejäljed tassi peal (BVDA, 2023d)

Ninhüdrini (NH) ja DFO-d (1,8-diasalfuoreen-9-oon) kasutatakse jälgede esiletoomiseks poorsetelt pindadelt (näiteks paber, papp, fotod). NH (või ka 2,2-dihüdroksüündaan-1,3-dioon või 1,2,3-indantrioon) reageerib sõrmejälgedes olevate aminohapetega muutes sõrmejäljed lillat värvi nähtavaks (vt joonis 11). Ninhüdrini töötamise käiguse leotatakse objekti kõige pealt NH lahuses ning seejärel lastakse asitõendil kuivada toatemperatuuril. Peale seda asetatakse objekt viieks minutiks kliimakambrisse, kus on kontrollitud temperatuur 80°C ja suhteline õhuniiskus 65%. (Bleay, *et al.*, 2018, pp. 230-231)



Joonis 11. NH meetodikaga esiletoodud sõrmejäljed (Medtechforensics, 2023)

DFO on ninhüdrini analoog, mida võidakse kasutada ka koos NH-ga. Sellisel juhul tehakse kõigepealt DFO töötlus ning sellele järgneb NH töötlus. DFO reageerib sõrmejälgedes olevate aminohapetega (veriste jälgede puhul ka veres olevate aminohapetega). Objekt asetatakse DFO lahusesse või pihustatakse DFO lahust objektile. Seejärel töödeldakse objekti umbes 100°C, 0% niiskusega 10 minutit kliimakambris, mis muudab sõrmejäljed visuaalselt nähtavaks. Kuigi esile toodud jäljed võivad olla nähtavad tavalises valguses (vt joonis 12.) on need siiski paremini nähtavad fluorestseeruvatena (vt joonis 13). (Trozzi, *et al.*, 2000, pp. 24-25)

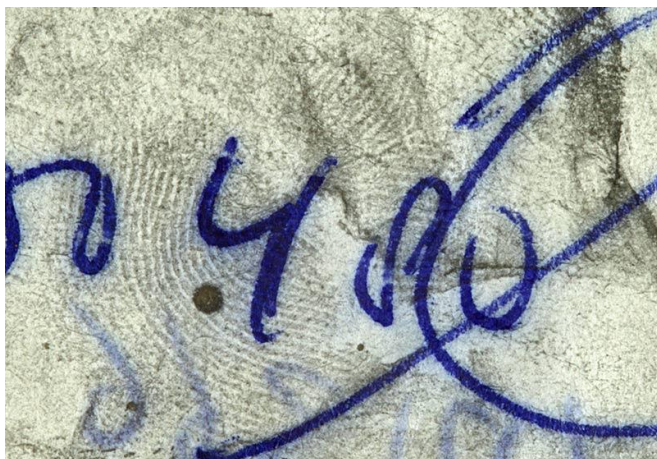


Joonis 12. DFO meetodikaga esiletoodud sõrmejalg tavalises valguses (BVDA, 2023e)



Joonis 13. DFO meetodikaga esiletoodud sõrmejalg kasutades valgusallikat 530 nm ja OG590 filtrit, Foster & Freeman (BVDA, 2023e)

Lisaks võidakse NH või DFO tulemuse kontrasti suurendamiseks kasutada *Physical developer* (PD) meetodikat (EKEI lk 162). PD meetodika protsess koosneb kolmest etapist: eelpesu happelises lahuses umbes 10 minutit, PD lahusega kokkupuude, mis kestab 10 kuni 15 minutit ning seejärel pesemine vee või stopplahusega. Asitõend jäetakse kuivama ning seejärel on võimalik näha esiletulnud sõrmejälgi (vt joonis 14). (Bleay, *et al.*, 2018, pp. 341-343)



Joonis 14. PD meetodikaga esiletoodud sõrmejalg märkmiku paberilehel (BVDA, 2023f)

DFO ja NH (ninhüdriin) puhul on uuritud jälgede esiletoomise meetodikate mõju DNA-analüüsi tulemustele. On leitud, et NH sobib kasutamiseks koos DNA-analüüsiks kasutavate meetodikatega, kuid võib osade substraatide puhul omada ka mõningast negatiivset mõju DNA-analüüsi tulemustele (ajalehepaber, printeri paber). Antud uurimistöös ei täheldatud negatiivset mõju papi osas. (Lehepuu, 2012, lk 18-24). DFO ja PD puhul on täheldatud tugevat negatiivset mõju DNA-analüüsi tulemusele (Bathrick, 2021). Bathrick (2021) näitas ka, et mida enam täiendavaid töötusi lisada, siis seda enam negatiivset mõju see avaldas.

Diaminobensidiinmeetodikat (DAB, 3,3'-diaminobensidiin) kasutatakse verrega määratud poorsetel materjalidel. DAB töötlus parandab veriste jälgede kvaliteeti muutes need kontrastsemaks. (Mei *et al.*, 2013, lk 39). DAB töötamise korral kastetakse uuritav objekt kordamööda erinevatesse lahustesse, mille eesmärk on fikseerida ja esile tuua objektile olevad jäljed. Alternatiivina võib sissekastmise asemel kasutada lahuste pihustamist läbi pabertaskurätiku. (Trozzi, *et al.*, 2000, pp. 22-23) Otsest mõju DNA

analüüsile ei ole uuritud, küll aga sisaldab see meetodika väga palju manipulatsioone, mille käigus on suur oht DNA objektilt maha pesta.

*Gentian violet* (GV) meetodikaga saab nähtavamaks teha sõrmejäljed (vt joonis 15) teipidel (eriti liimipinnal) ning mittepoorsetel pindadel, mis on õlised või rasvased (Mei, 2013, lk 39). GV meetodika puhul kasutatakse kastmise meetodikat, kus asitõend asetatakse umbes kaheks minutiks GV lahusesse (0,1% *Gentian violet* lahus) ning seejärel loputatakse vee all puhtaks (Trozzi, *et al.*, 2000, p. 13) Ka selle meetodika puhul eksisteerib oht pesta sõrmejälgede esiletoomise käigus maha objektile olev DNA.



Joonis 15. GV meetodikaga esiletoodud sõrmejalg teibil (BVDA, 2023g)

*Amido black* (AB) meetodikat kasutatakse veremäärumisega sõrmejälgede esiletoomiseks. AB on värvaine, mis värvib veres olevad valgud siniseks või mustaks (vt joonis 16). Kasutatakse nii vee kui metanooli baasil AB lahust. Lahus kantakse uuritavale objektile, lastakse seista umbes 1 minut ning seejärel loputatakse veega üleliigne lahus maha. Kontrasti suurendamiseks võib neid samme korrata. (Trozzi, *et al.*, 2000, pp. 14-17) AB meetodika mõju ei ole varasemalt DNA-ekspertiisi kontekstis uuritud. Kuna antud töötluse sisaldab veega loputamist, siis on oht DNA objektilt maha pesta.



Joonis 16. AB meetoodikaga esiletoodud verine kujunenud sõrmejälg (BVDA, 2023h)

*Multimetal deposition* (MMD) meetodikat kasutatakse poorsetel, mittepoorsetel ja poolpoorsetel pindadel (vt joonis 17). Tegemist on mitmeastmelise ja üsna keeruka protsessiga, kus kasutakse erinevaid töolahuseid, kuumutamisi ning jahutamisi. Töolahustena kasutatakse kulla kolloid lahust, hüdrokiinoni lahust ja hõbeatsetooni lahust. Meetodika tööpõhimõte seisneb selles, et happelises keskkonnas omandavad sõrmejäljes olevad aminohapped positiivse laengu ning võimaldavad seonduda negatiivselt laetud kulla molekulidel. Seondunud kompleks ei ole visuaalselt hästi nähtav, mistõttu viiakse läbi töötlus hõbedat sisaldava lahusega, misjärel seonduvad hõbedat molekulid kulla ja aminohappe kompleksile ja see annab papilaarkurrustikule tumehalli või musta värvi. (Sodhi & Kaur, 2017) You (2021) leidis, et kuigi MMD ei suuda sõrmejälge selgelt välja tuua ebatasastel ning poorsematel pindadel on see siiski suuteline esiletooma sõrmejälje kujutise, mis võib olla abiks DNA-proovide võtmisel, kuid täpsemalt MMD meetodika mõju DNA-le ei ole veel uuritud (You, *et al.*, 2021). Ka selle meetodika puhul on väga palju erinevaid sisse kastmise ja loputamise etappe, mis suure tõenäosusega pesevad DNA uuritavalt objektilt ära. Lisaks kasutatakse siin tugevalt happelist lahust (sidrunhapet, pH 2,5-2,8), mis lagundab DNA ning teeb selle meetodika ebasobivaks DNA-ekspertiisi tegemisel.



Joonis 17. MMD meetodikaga esiletoodud sõrmejalg (Sodhi & Kaur, 2017)

Tabel 1. Sõrmejalgede esiletoomise meetodikate mõju DNA-ekspertiisile (autori koostatud)

Metoodika	Pind, objekt	Mõju DNA-ekspertiisile
<b>Mittepoorsed pinnad</b>		
Tsüanoakrülaat (CNA)	Teibi mittekleepuv pool, relvad, laskemoon, kummikindad, plast-, metall-, kile- ja klaaspinnad	Ei mõjuta
<i>Basic Yellow 40</i> (BY40)	Teibid, relvad ja laskemoon	Mõningane negatiivne mõju. Oht DNA töötamise käigus objektilt maha pesta. DNA degradatsiooni oht, kui jälgi vaadatakse UV valguses.
<i>Acid Yellow 7</i> (AY7)	Linoleum, klaas, keraamilised plaadid, värvitud pinnad ka PVC põrandakate	DNA degradatsiooni oht happeliste lahuste tõttu.
<i>Sticky-side</i> pulber (SSP)	Teibi, kleplintide, plaastrite, isoleerpaela, pakendussildi, kahepoolse teibi ja post- it märkmepaberi kleepuv pool	Ei ole uuritud.
<i>Wet powder</i> (WP)	Kleepuvad pinnad	Negatiivne mõju. Oht DNA töötamise käigus objektilt maha pesta.
Pulbermeetodika (PM)	Papp, kummikindad, teibi mitte kleepuv pool	Ei mõjuta DNA-d.
<b>Poorsed pinnad</b>		

1,8-diasafluoreen 9-oon (DFO)	Papp, paber, termopaber, kartong, töötlemata puit, orgaanilise ainega (näiteks bensiin, vaseliin) määrdunud jäljed	Tugev negatiivne mõju.
Ninhüdroiin (NH)	Termo paber, papp, kummikindad, tapeet, kartong, töötlemata puit, orgaanilise ainega (näiteks bensiin, vaseliin) määrdunud jäljed	Enamasti ei mõjuta, kuid osade substraatide puhul võib olla negatiivne mõju.
Diaminobensidiin (DAB)	Verised jäljed erinevatel poorsetel pindadel	Otsest mõju DNA ekspertiisile ei ole uuritud, küll aga sisaldab see meetod väga palju manipulatsioone, mille käigus on oht DNA objektilt maha pesta.
<i>Physical developer</i> (PD)	Kummikindad, papp, paber, termopaber, kartong, töötlemata puit	Tugev negatiivne mõju.
<i>Gentian violet</i> (GV)	Teibi kleepuv pool, õlised ja rasvased pinnad	Oht pesta sõrmejälgede esiletoomise käigus maha objektile olev DNA.
<b>Poorsed ja mittepoorsed pinnad</b>		
<i>Amido Black</i> (AB)	Verised jäljed erinevatel poorsetel ja mittepoorsetel pindadel	AB meetodika mõju ei ole varasemalt DNA-ekspertiisi kontekstis uuritud. Kuna antud töötamise sisaldab veega loputamist, siis on oht DNA maha objektile pesta.
<i>Multimetal deposition</i> (MMD)	Teibi kleepuv ning mittekleepuv pool	Ei ole uuritud mõju DNA-le, kuid happeliste lahuste tõttu DNA degradatsiooni oht.
<i>Polycyano UV</i> (PC UV)	Plast-, kile-, metall-, nahk-, paber- ja keraamilised pinnad	Mõningane negatiivne mõju. DNA degradatsiooni oht, kui jälgi vaadatakse UV valguses.

Kõik Tabelis 1 toodud meetodikad on EKEI sõrmejäljeosakonnas kasutusel. Antud kirjanduse ülevaate puhul on DNA-ekspertiisiks sobilikud sõrmejälgede esiletoomise meetodikad järgmised:

- Tsüanoakrülaat
- Pulbermeetodika
- Ninhüdroiin teatud objektide puhul

Ninhütriini puhul on osade substraatide puhul täheldatud mõningast negatiivset mõju DNA-ekspertiisi tulemustele, mistõttu saaks seda kasutada üsna väikese arvu erinevate objektide puhul. Kui võrrelda omavahel pulbermetoodikat ja tsüanoakrülaad metoodikat, siis pulbermetoodikat saab kasutada vähemate pindade/objektide puhul ning pulbermetoodika kasutusele võtmine on seotud suurema kontaminatsiooni riskiga. Sellest tulenevalt otsustati valideerida ja kasutusele võtta tsüanokarülaad metoodika, mida saab kasutada kõige suurema arvu erinevate pindade/objektide puhul ning millele ei ole negatiivset mõju DNA-ekspertiisi tulemustele.

#### **1.4. Tsüanoakrülaad (CNA) metoodika sõrmejälgede esiletoomiseks**

Alapeatükis selgitatakse lühidalt tsüanoakrülaad metoodika tööpõhimõtet.

1978. aastal töötas Jaapani riiklik politseiagentuur välja sõrmejälgede esiletoomise tsüanoakrülaad metoodikal. 1979 jõudis uus metoodika Ühendkuningriikidesse ja 1980 Kanadasse. Tänapäeval on tsüanoakrülaadi metoodika üks populaarsemaid ning laialdaselt kasutuses olevaid metoodikaid sõrmejälgede esiletoomiseks mittepoorsetelt pindadelt. (Bumrah, 2017) EKEI-s võeti CNA metoodika kasutusele juba 2001. aastal. (Mei, 2022, lk 163)

Metoodika rakendamiseks kasutatakse liimaurukappi (vt joonis 18), vett ja tsüanoakrülaadi estreid (üldjuhul etüülester). Viimane on värvitu monomeeri vedelik, mida kaubanduses müüakse kiiresti kuivavate ja vastupidavate liimide nime all (näiteks Super Glue). (Bumrah, 2017)

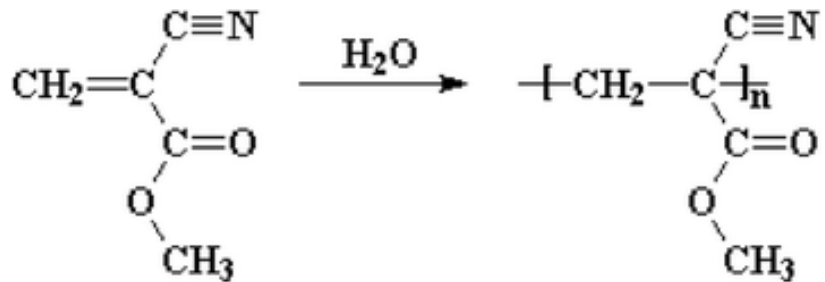




Joonis 18. Foster + Freeman MVC3000/D3 liimiaurukapp (autori koostatud)

Tsüanoakrülaatmetoodikat (CNA) kasutatakse mittepoorsetel materjalidel silmaga mittednähtavate või vähenähtavate naha papillaarkurustiku esiletoomiseks. Metoodika on eriti tulemuslik plast-, metall- ja klaaspindade töötlemisel. Metoodika seisneb jäljeaine koostises oleva vee ja aurustatud tsüanoakrülaati vahelises polümeerisatsioonireaktsioonis, mille tulemusena tsüanoakrülaadi aur polümeeriseerub esimeses järjekorras sõrmejälgedel, moodustades valge tahke silmaga nähtava polümeeri (polütsüanoakrülaadi) (vt joonis 19). Lisaks arvatakse, et polümeerisatsioonireaktsiooni (vt joonis 20) mõjutavad ka sõrmejälje koostises olevad keemilised ühendid (näiteks piimhape, ammoniaak, äädikhape, amiinid, alkoholid, aminohapped, alkaanid ja valgud (Czekanski, *et al.*, 2006; Wargacki, *et al.*, 2007; Wargacki, *et al.*, 2008), kuid täpne mehhanism pole täielikult veel teada. (Bumrah, 2017) Tsüanoakrülaati aurustub umbes 120°C juures. CNA metoodika tegemiseks kasutatakse liimiaurukappi, kuna see võimaldab reaktsiooni läbi viia kontrollitud

tingimustes, kaitseb mürgiste aurude eest ning lisaks on suletud süsteem vajalik selleks, et hapnik ei takistaks polümeerisatsiooni reaktsiooni.



Joonis 19. Tsüanoakrülaadi polümeerisatsiooni reaktsioon (Bumbrah, 2017)



Joonis 20. Tsüanoakrülaadmetoodikaga esile toodud sõrmejäljed Petri tassil (autori koostatud)

Parema kontrastsuse saavutamiseks töödeldakse tsüanoakrülaadmetoodikaga esile toodud naha papillaarkurrustiku jälgi *Basic Yellow 40* meetoodikaga või pulbermeetoodikaga (Drzewiecka & Rogoża, 2019, pp. 60-65).

Kuna tsüanoakrülaadi polümeerisatsiooni reaktsioon baseerub jäljes oleval niiskusel (vee sisaldusel), siis papillaarkurrustiku esiletoomise efektiivsust mõjutab ka ajafaktor. Vanad jäljed ei pruugi nii hästi esile tulla kui värsked jäljed. Mida kauem jäljed seisavad, seda enam nad dehüdreeruvad. Vanade jälgede puhul on näidatud, et erinevad töötlused, mis proovivad taastada jälgedes olevat niiskust, võivad parandada CNA meetoodika

tulemuslikkust. Näiteks on näidatud, et ammoniaagi auru, äädikhappe auru või kuuma veeauru töötused aitavad taastada niiskust vanades jälgedes ning seeläbi parandada jälgede kvaliteeti. ( Wargacki, *et al.*, 2008, pp. 1138-1144)

Lisaks papillaarkurrustiku esiletoomisele, toob CNA meetodika esile ka muid bioloogilise materjaliga jälgi, näiteks vere-, higi-, rasujäljed, millest saab DNA-eksperitiisiks proove võtta. (Wargacki, *et al.*, 2007)

## **2. DNA-EKSPERTIISI TULEMUSLIKKUSE PARANDAMINE PUUTEJÄLGEDE ESILETOOMISE ABIL**

### **2.1. Metoodika ja valim**

#### **2.1.1. Uurimisstrateegia valik ja põhjendus**

Eelnevalt töö sissejuhatavas osas toodi välja, et soovitakse läbi viia kvantitatiivne uuring, mis aitab välja selgitada uurimistöö eesmärgi, kas DNA proovivõtus puutejälgede esiletoomise ja DNA-ekspertiisi tulemuslikkuse vahel on seos – kas puutejälgede esiletoomine enne DNA-proovide võtmist parandab DNA-ekspertiisi tulemuslikkust. Magistritöös kasutatud metoodika võib protsessi vaates jagada järgmisteks etappideks:

1. Uuriti millised on sagedasemad objektid ja materjalid, millele on varasemalt määratud nii DNA- kui ka sõrmejäljeekspertiis ning kasutatud puutejälgede esiletoomiseks tsüanoakrülaatlüüsi metoodikat.
2. Selgitati välja võimalikud kontaminatsiooni riskid ning maandati need puutejälgede kontaminatsioonivabaks esiletoomiseks.
3. Valideeriti tsüanoakrülaat metoodika, mis võimaldab puutejälgi esile tuua ja saadud jälgi kasutada DNA-ekspertiisiks.
4. Viidi läbi katsed, mille tulemusena hinnati, kas DNA proovivõtus puutejälgede esiletoomise ja DNA-ekspertiisi tulemuslikkuse vahel on seos.

Magistritöö eesmärgi ja uurimisülesannete täitmiseks viidi läbi kvantitatiivsed eksperimendid ning andmeanalüüs kasutades EKEI registreid ja ekspertiisiakte.

Eksperiment on katse, mis viiakse läbi kontrollitud tingimustes, et väidet kontrollida või määrata uurimata asja efektiivsust (Cook, *et al*, 2002). Eksperimendi käigus tehakse kindlaks määratletud muutujate põhjuslik- ja tulemuslik seos (Tanner, 2002, p 125). Eksperimendi läbi viimine aitab tagada uurimuse korratavust ja võimaldab tulemusi üldistada. Valimiks on selles magistritöös sihipärane valim, kuna eksperimendid on üles seatud leides populatsiooni kõige tüüpilisemad esindajad.

Antud töös on eksperimendid läbi viidud DNA-vabades tingimustes kasutades liimaurukappi (kus on kontrollitud liimi kogus, temperatuur, õhuniiskus, ventilatsioon, UV tsükkel). Erinevate eksperimentide käigus määratakse liimaurukapi puhastamise protseduuri efektiivsus, UV lampide DNA-d lagundava toime efektiivsus ning liimaurukappide efektiivsus jälgede esiletoomisel. Viimasel juhul võeti arvesse erinevaid faktoreid – jälje vanus, esiletooja, objekti materjal, sõrmejälje doonor, liimaurukapp. Metoodika valideerimisel olid hinnatavateks parameetriteks metoodika korratavus ja korduvus. Metoodika usaldusväärsuse hindamiseks viidi läbi eksperiment, et hinnata metoodika korratavust.

Seose hindamiseks DNA proovivõtus puutejälgede esiletoomise ja DNA-ekspertiisi tulemuslikkuse vahel analüüsiti võrdlevalt DNA-profiilide kvaliteeti proovide korral, mis olid võetud ilma jälgi esile toomata (st „pimesi“) ja proovide korral, mis võeti peale jälgede esile toomist. Kahe uuritava grupi kasutuskõlblike proovide proportsioonide võrdlemiseks kasutati z-testi ning tehti kindlaks, kas seos DNA proovivõtu viisi (st pimesi või puutejälgede esiletoomisega) ja kasutuskõlblike proovide proportsiooni vahel on statistiliselt oluline või mitte. Esitatakse nullhüpotees, et kahe uuritava grupi üldkogumi proportsioonid ei erine üksteisest ning alternatiivne hüpotees, et kahe uuritava grupi üldkogumi väärtused on erinevad. Kui z-testi väärtus on 1,96 või enam, on saadud seos statistiliselt oluline ning null hüpotees on tagasi lükatud ning alternatiivne hüpotees kinnitatud, kuid kui z-testi väärtus jääb alla 1,96, ei ole seos statistiliselt oluline ning tuleb jääda nullhüpoteesi juurde. (Sprinthall, 2014, pp. 176-177) Z-testi tegemiseks arvutatakse z-väärtus järgmise valemiga (Kumar, 2022).

$$z = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (1)$$

kus  $p_1$  on ühe grupi valim,  $p_2$  on teise grupi valim ja  $p$  saadakse leides mõlema valimi keskmine,  $n_1$  on ühe grupi proovide arv ning  $n_2$  on teise grupi proovide arv.

Töö autor osales koos teiste DNA-osakonna ekspertidega katseplaani väljatöötamises. Töö autor tegi andmeanalüüsi ja selgitas välja sagedasemad objektid ja materjalid, millele on varasemalt määratud nii DNA- kui ka sõrmejäljeekspertiis ning on kasutatud puutejälgede esiletoomiseks tsüanoakrülaatliimi metoodikat. Metoodika valideerimise

puhul oli autor üks sõrmejälje doonoritest ning võttis esile tulnud jälgedest DNA-proove DNA eksperdi juhendamisel. Samuti võttis töö autor puhtuseproovid liimaurukapist DNA eksperdi juhendamisel ning fotografeeris kõik esiletoodud jäljed kõikide katsete ajal. Pimekatset aitasid ette valmistada neli DNA-osakonna töötajat, kellest kolm olid sõrmejälje doonorid ning üks aitas ette valmistada objekte. Pimekatse puhul võtsid DNA-proove viis DNA eksperti, kes võtsid DNA proove koostöös sõrmejäljeosakonna eksperdiga. Võetud DNA proovide laboritööst (DNA eraldamine, kvantiteerimine ja genotüpiseerimine) töö autor osa ei võtnud ning seda tegid DNA-osakonna spetsialistid. Töö autor analüüsis saadud katsete tulemused, viis läbi statistilise andmeanalüüsi (sealhulgas ka z-testi) ning kirjeldas saadud tulemused.

### **2.1.2. Sagedasemad objektid ja materjalid tsüanoakrülaat meetoodika puhul**

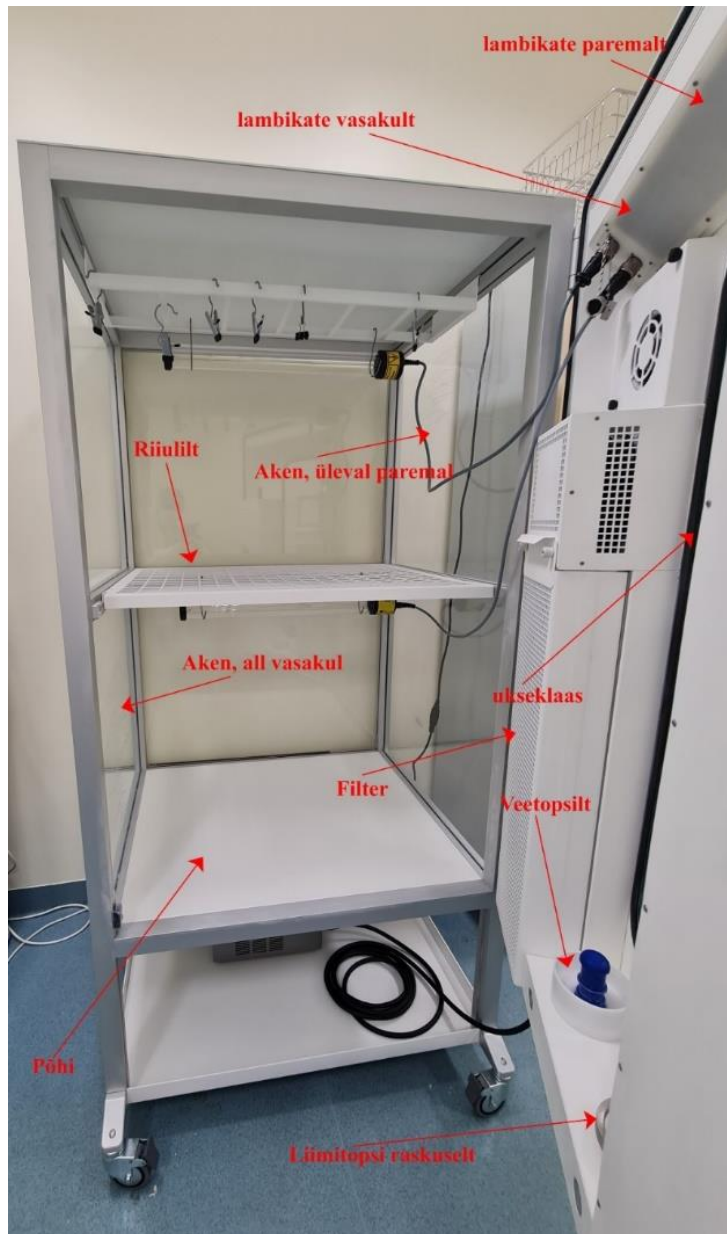
Andmeanalüüs on vajalik, et selgitada välja, millised objektid ning objektide materjalid on kõige sagedasemad sõrmejäljeekspertiisi tegemisel, kui jälgede esiletoomiseks on kasutatud CNA meetoodikat. Saadud tulemuste põhjal valitakse välja sobivad objektid meetoodika valideerimise ja pimekatse eksperimentideks. Andmeanalüüs viidi läbi kasutades olemasolevaid sõrmejäljeosakonna registreid ja ekspertiisiakte. Andmetest filtreeriti kõigepealt välja kõik ekspertiisiobjektid, mis on varasema kahe aasta jooksul (2020-2021) esitatud nii DNA kui ka sõrmejälje ekspertiisiks. Seejärel filtreeriti välja objektid, millele oli tehtud CNA töötlus ning saadud andmete põhjal selgitati välja kõige sagedasemad objektid ja kõige sagedasem objekti materjal (näiteks kile, plastik, paber).

### **2.1.3. Kontaminatsiooni vältimine puutejälgede esiletoomisel**

Enne uue liimaurukapi valideerimist ja kasutusele võtmist tuleb välja selgitada võimalikud kontaminatsiooni riskid ning need maandada kontaminatsiooni vältimiseks. Seda kõike selleks, et mitte ära saastada liimaurukappi pandavaid ekspertiisiobjekte. Selleks viidi läbi eksperimendid, mille käigus testiti:

1. kas tootja poolsed juhised liimaurukapi puhastamiseks on piisavad?
2. kas UV-lambid, mida kasutatakse liimaurukapi töötamise järgselt, hävitavad DNA-d piisavalt efektiivselt?
3. kas liimaurukapis võib DNA kanduda ühelt objektilt teisele?
4. kas kasutatavad reaktiivid on puhtad st DNA-vabad?

Esimese katse puhul puhastati liimaurukapp vastavalt tootja juhistele pesukäsna ja veega ning seejärel lülitati sisse kapis olevad UV lambid (30 minutiks). Puhastamise efektiivsuse kontrollimiseks võeti nii enne puhastamist kui peale puhastamist liimaurukapi erinevatest kohtadest 10 DNA-proovi. (vt joonis 22)



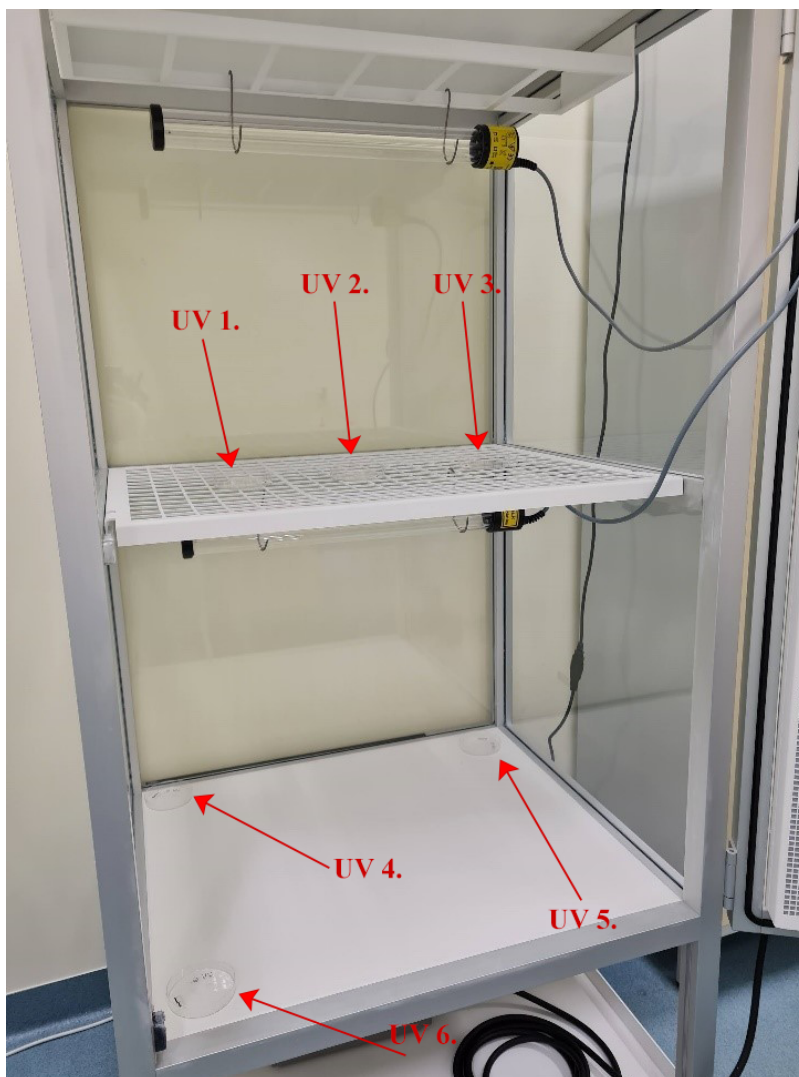
Joonis 21. Liimaurukapist võetud DNA-proovide asukohad (autori koostatud)

DNA-proovid võeti ühe niisutatud vatitampooni meetodikaga. Võetud DNA-proovidest eraldati DNA kasutades testsüsteemi Crime Prep Adem-Kit (Ademtech), määrati DNA kontsentratsioon kasutades testsüsteemi Quantifiler Trio (Thermo Fisher Scientific) ja

uuritavad proovid genotüpiseeriti kasutades testsüsteemi NGM Detect (Thermo Fisher Scientific). DNA-profiilide analüüsimisel määrati ilmsiks tulnud alleelide arv ning hinnati, kas võetud proovid on DNA-vabad ja seega tootja poolsed juhised liimaurukapi puhastamiseks on piisavad.

Teise katse puhul tegi üks naispäritolu doonor üheksa Petri tassi plastikust pinna peale kolm sõrmejälge (nimetissõrm, keskmine sõrm ja nimetusõrm). Kuna sõrmejälgi on võimatu teha identse DNA kogusega, siis selleks, et hinnata UV mõju DNA lagundamisele, pipeteeriti igale naisdoonori poolt tehtud sõrmejäljele kontrollitud koguses meesisiku DNA-d (10 µl meespäritolu DNA lahust kontsentratsiooniga 0,1 ng/µl). Seega igale naispäritolu jäljele lisati 1 ng meespäritolu DNA-d, mille DNA sisaldust on võimalik peale UV töötlust mõõta. Ettevalmistatud jälgedele Petri tassidel tehti CNA töötlus, millega toodi sõrmejäljed esile. Seejärel võeti kolm Petri tassi jälgedega kapist välja (kontroll tassid). Kolm Petri tassi jälgedega asetati liimaurukapi ülemisele riiulile ja ülejäänud kolm Petri tassi jälgedega asetati alumisele riiulile (vt joonis 23). Seejärel pandi tööle liimaurukapi UV lambid 30 minutiks. UV tsükli eesmärk on lagundada DNA, mis võib peale liimaurutsükli tegemist jääda liimaurukappi. Seejärel võeti DNA proovid kõigilt sõrmejälgedelt Petri tassidel kasutades ühe niisutatud vatitampooni meetodikat. Võetud DNA-proovidest eraldati DNA kasutades testsüsteemi Crime Prep Adem-Kit (Ademtech), määrati DNA kontsentratsioon kasutades testsüsteemi Quantifiler Trio (Thermo Fisher Scientific) ja uuritavad proovid genotüpiseeriti kasutades testsüsteemi NGM Detect (Thermo Fisher Scientific). Quantifiler Trio testsüsteem võimaldab määrata kogu proovis oleva DNA kontsentratsiooni ning lisaks eraldi ka proovis oleva meespäritolu DNA kontsentratsiooni. DNA kontsentratsioonide analüüsimisel hinnati kui palju vähendas UV lampide kasutamine DNA kontsentratsiooni ehk DNA kogust uuritavates proovides. DNA-profiilide analüüsimisel määrati ilmsiks tulnud alleelide arv ning hinnati, kui efektiivne on liimaurukapi UV tsükkel DNA lagundamisel.





Joonis 22. Liimaurukapis olevate Petri tasside asukohad (autori koostatud)

Kolmanda katse jaoks töötati välja DNA-vaba sõrmejälje kontrolljalg. Klassikaliselt kasutatakse sõrmejäljeekspertiisi tegemisel kontrolljäljena eksperdi enda sõrmejälge. DNA-ekspertiisi kontekstis ei hea mõte panna liimaurukappi jälge, mis sisaldab DNA-d, kuna see võib kontamineerida ekspertiisiobjekti (st DNA võib kanduda kontrolljäljest ekspertiisiobjektile). DNA-vaba kontrolljälje tegemiseks valmistati sõrmejälje reljeefiga tempel (vt joonis 24). Templiga tehakse templijalg puhtale musta värvi kile tükile või Petri tassile ning jälje tegemiseks kasutatakse Tween 20 lahust (ThermoFisher Scientific). Väike kogus Tween 20 lahust valatakse paber kääterätikule, seejärel niisutatakse tempel Tween 20 lahusega ning tehakse templi jäljed substraadile. Templiga valmistatud jälgi kasutatakse CNA tsükli positiivse kontrollina ning ristkontaminatsiooni negatiivse kontrollina. Peale igat CNA töötlust võeti kontrolljäljest

DNA-proov. DNA-proovid võeti ühe niisutatud vatitampooni meetodikaga. Võetud DNA-proovidest eraldati DNA kasutades testsüsteemi Crime Prep Adem-Kit (Ademtech), määrati DNA kontsentratsioon kasutades testsüsteemi Quantifiler Trio (Thermo Fisher Scientific) ja uuritavad proovid genotüpiseeriti kasutades testsüsteemi NGM Detect (Thermo Fisher Scientific). DNA-profiilide analüüsimisel määrati ilmsiks tulnud alleelide arv ning hinnati, kas kontrolljalg on puhas, st ei sisalda DNA-d ning seega pole liimaurukapis toimunud DNA ülekandumist ühelt objektilt teisele objektile.



Joonis 23. Sõrmejälje reliifiga tempel (autori koostatud)

Neljanda katse puhul testiti tsüanoakrülaatliimi puhtust. Selleks võeti tsüanoakrülaatliimi (Cyanoacrylate B-83000, BVDA) purgist vatitampoonile liimi ning lasti liimiga vatitampoonil viis minutit toatemperatuuril kuivada. Seejärel eraldati ettevalmistatud liimiga vatitampoonist DNA kasutades testsüsteemi Crime Prep Adem-Kit (Ademtech), määrati DNA kontsentratsioon kasutades testsüsteemi Quantifiler Trio (Thermo Fisher Scientific) ja uuritavad proovid genotüpiseeriti kasutades testsüsteemi NGM Detect (Thermo Fisher Scientific). Saadud DNA-profiilide puhul määrati ilmsiks tulnud alleelide arv ning hinnati, kas kasutatud liim on DNA-vaba ja seega sobib kasutamiseks DNA-eksperitiisiks jälgede esile toomisel.

#### 2.1.4. Metoodika valideerimine

Valideerimise eesmärgiks oli kontrollida liimaurukapi MVC3000D3 (Foster+Freeman) sobivust naha papillaarkurrustiku jälgede esiletoomiseks tsüanoakrülaatmetoodikaga. Valideerimisel testiti metoodika korduvust ja korratavust erinevatel materjalidel asuvate sõrmejälgede korral ning testiti kas EKEI sõrmejäljeosakonnas kasutusel oleva liimaurukapi MVCTM3000 (Foster+Freeman) ja valideeritava liimaurukapi MVC3000D3 kasutamisel esile toodud jäljed on sarnase või erineva kvaliteediga. Korduvusena on antud metoodika valideerimisel käsitletud tulemuste varieeruvust, mis tekib samal ajal, sama isiku poolt sama metoodika ja aparatuuri kasutamisel. Korratavusena on antud metoodika valideerimisel käsitletud tulemuste varieeruvust, mis tekib erineval ajal, erinevate isikute poolt sama metoodika ja aparatuuri kasutamisel. Lisaks testiti ajafaktori mõju jälgede esile toomise kvaliteedile st metoodika töötamist erineva vanusega sõrmejälgede puhul.

Metoodika valideerimiseks viidi läbi eksperiment, mille käigus kolm doonorit tegid foolium-, kile-, plast-, klaas- ja metallmaterjalist objektidele ja teibile (mittekleepuvale pinnale) ühe vajutusega kolm kõrvutiasetsevat sõrmejälge (nimetissõrme, keskmisesõrm ja nimetusõrm; kokku kolm komplekti katseobjekte jälgedega). Kuna tavapäraselt kasutatakse tsüanoakrülaatmetoodikat mõnda aega toatemperatuuril seisnud objektidel, siis lasti jälgedel enne tsüanoakrülaatmetoodikaga töötlemist seitse päeva toatemperatuuril seista. Kontaminatsiooni vältimiseks hoiti objekte kinni kaetult ja kaitstult kõrvaliste isikute eest.

Kahte komplekti katseobjekte töödeldi kahe erineva töötaja poolt liimaurukapis MVC3000D3 (uus ja valideeritav kapp) (vt tabel 2) ja ühte komplekti töödeldi liimaurukapis MVCTM3000 (sõrmejälje ekspertidel kasutusel olev kapp) (vt tabel 3), vastavalt tootja juhistele. Objektide töötlemiseks valiti automaatne töötlemistsükkel (niiskuse tase 80%RH, tsüanoakrülaatliimi aurustamistemperatuur 120°C, tsüanoakrülaatliimi aurustamisaeg 15 min). Töötlemise tulemusel ilmusid uuritavatel foolium-, kile-, plast-, klaas- ja metallmaterjalist objektidel ja teibil nähtavale valkjad naha papillaarkurrustiku jäljed. Kõiki ilmsiks tulnud jälgi vaadeldi visuaalselt ning lisaks liimaurukapis MVC3000D3 (valideeritavas liimaurukapis) ilmsiks tulnud jäljed

fotografeeriti. Liimiaurukapis MVC3000D3 ilmsiks tulnud jälgedest võeti DNA-proovid (ühe doonori kolmest järjestikusest jäljest võeti kokku üks DNA-proov).

Tabel 2. Jäljed, mis toodi esile liimiaurukapis MVC3000D3 (autori koostatud)

<b>Kuupäev</b>	<b>Katseobjektide komplekt</b>	<b>Materjal</b>	<b>Doonor</b>	<b>Esiletooja</b>
20.09.2022	I	foolium	doonor 1	LH
	I	foolium	doonor 2	LH
	I	foolium	doonor 3	LH
	I	kile	doonor 1	LH
	I	kile	doonor 2	LH
	I	kile	doonor 3	LH
	I	teip	doonor 1	LH
	I	teip	doonor 2	LH
	I	teip	doonor 3	LH
	I	plast	doonor 1	LH
	I	plast	doonor 2	LH
	I	plast	doonor 3	LH
	I	klaas	doonor 1	LH
	I	klaas	doonor 2	LH
	I	klaas	doonor 3	LH
	I	metall	doonor 1	LH
	I	metall	doonor 2	LH
	I	metall	doonor 3	LH
20.09.2022	II	foolium	doonor 1	KR
	II	foolium	doonor 2	KR
	II	foolium	doonor 3	KR
	II	kile	doonor 1	KR
	II	kile	doonor 2	KR
	II	kile	doonor 3	KR
	II	teip	doonor 1	KR
	II	teip	doonor 2	KR
	II	teip	doonor 3	KR
	II	plast	doonor 1	KR
	II	plast	doonor 2	KR
	II	plast	doonor 3	KR
	II	klaas	doonor 1	KR

	II	klaas	doonor 2	KR
	II	klaas	doonor 3	KR
	II	metall	doonor 1	KR
	II	metall	doonor 2	KR
	II	metall	doonor 3	KR

Tabel 3. Jäljed, mis toodi esile liimaurukapis MVCTM3000 (autori koostatud)

Kuupäev	Katseobjektide komplekt	Materjal	Doonor	Esiletooja
23.09.2022	III	foolium	doonor 1	LH/KR
	III	foolium	doonor 2	LH/KR
	III	foolium	doonor 3	LH/KR
	III	kile	doonor 1	LH/KR
	III	kile	doonor 2	LH/KR
	III	kile	doonor 3	LH/KR
	III	teip	doonor 1	LH/KR
	III	teip	doonor 2	LH/KR
	III	teip	doonor 3	LH/KR
	III	plast	doonor 1	LH/KR
	III	plast	doonor 2	LH/KR
	III	plast	doonor 3	LH/KR
	III	klaas	doonor 1	LH/KR
	III	klaas	doonor 2	LH/KR
	III	klaas	doonor 3	LH/KR
	III	metall	doonor 1	LH/KR
	III	metall	doonor 2	LH/KR
	III	metall	doonor 3	LH/KR

Erineva vanusega sõrmejälgede puhul kasutati kahte erinevat doonorit, kes asetasisid kilele, fooliumile ja Petri tassile kolm järjestikust sõrmejälge (nimetissõrme, keskmisesõrm ja nimetusõrm) (vt joonis 25). Seejärel jäeti hoiti objekte toatemperatuuril 0 päeva, 1 nädal, 1 kuu ja 3 kuud. Jäljed toodi esile kasutades liimaurukappi MVC3000D3 ning esile tulnud jäljed fotografeeriti (vt joonis 26) ning võeti DNA-proovid (ühe doonori kolmest järjestikusest jäljest võeti kokku üks DNA-proov).



Joonis 24. Enne esiletoomist vasakul pool Petri tass, keskel foolium ning paremal kile (autori koostatud)



Joonis 25. Peale esiletoomist vasakul pool Petri tass, keskel foolium ning paremal kile (autori koostatud)

Mõlema katse puhul võeti DNA-proovid ühe niisutatud vatitampooni meetodikaga. Võetud DNA-proovidest eraldati DNA kasutades testsüsteemi Crime Prep Adem-Kit (Ademtech), määrati DNA kontsentratsioon kasutades testsüsteemi Quantifiler Trio (Thermo Fisher Scientific) ja uuritavad proovid genotüüpiseeriti kasutades testsüsteemi NGM Detect (Thermo Fisher Scientific). DNA-profiilide analüüsimisel määrati ilmsiks tulnud alleelide arv ning hinnati DNA-profiilide kvaliteeti (kas tegemist on osalise või täisprofiiliga, kas tegemist on ühelt doonorilt pärineva DNA-profiiliga või mitmelt doonorilt pärinevad DNA-profiiliga ehk segaprofiiliga). Nii ilmsiks tulnud sõrmejälgede kui ka DNA-profiilide analüüsimisel hinnati, kas õnnestus saada tulemus, mis saab olla aluseks usaldusväärsele isiku identifitseerimisele. DNA-profiilide hindamisel lähtuti ülal loetletud kriteeriumitest. Sõrmejälgede hindamisel lähtuti esiletoodud sõrmejälje kvaliteedist ning arvestati üld-ning eritunnuseid. Samuti vaadeldi sõrmejälje teises lülis

olevaid tunnuseid, kui neid ei olnud piisavalt näha esimeses lüüsis. Tähtis oli ka vaadata muid tunnuseid nagu näiteks kortsud, painutusvaod, armid ja nahakahjustused.

### **2.1.5. Puutejälgede esiletoomise mõju DNA-ekspertiisi tulemustele**

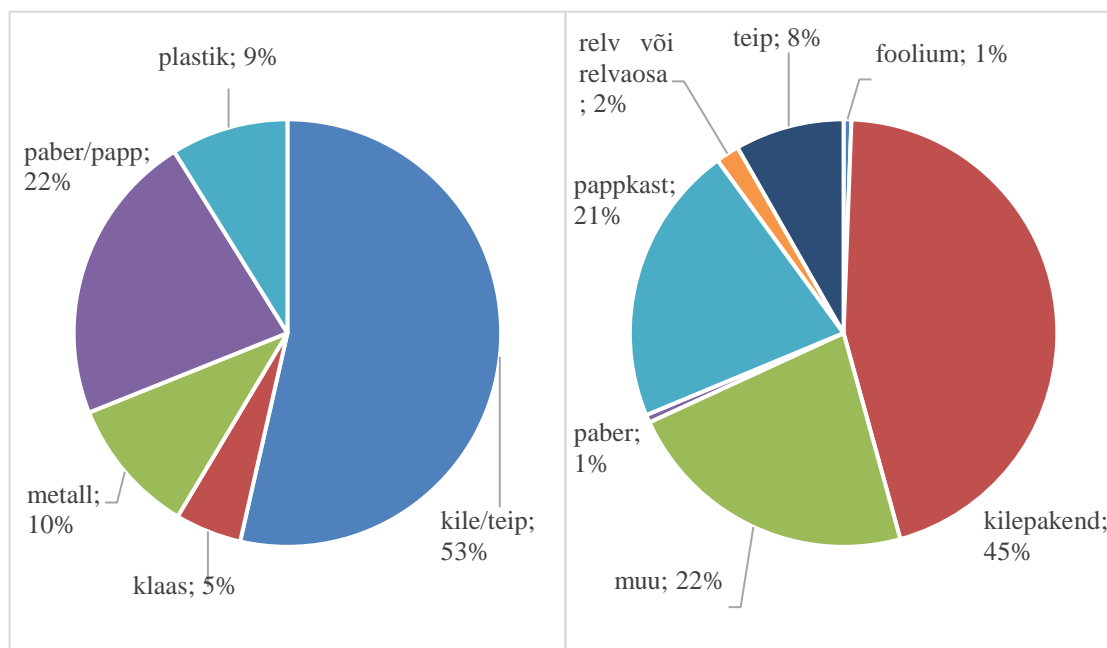
Selleks, et hinnata, kas puutejälgede esiletoomine enne DNA-proovide võtmist suurendab DNA-analüüsi tulemusena saadud kasutuskõlblike DNA-profiilide hulka ja seeläbi DNA-ekspertiisi tulemuslikkust, viidi töö neljandas etapis läbi test koos DNA-osakonna ekspertidega. Testi käigus kasutati objekte ja materjale, mis punktis 2.1.1. läbiviidud andmeanalüüsi tulemuste põhjal olid levinumad. Testi jaoks valmistati ette kaks komplekti objekte, kuhu kolm doonorit tegid oma sõrmejäljed (igal objektil olid kolme doonori jäljed). Ühte komplekti kuulub 30 liitrine musta värvi prügikott, plastikust kanister ja teibitud minigrip kilekott, milles kortsutatud valge paberkäterätik. Viimase objekti puhul oli katsealuseks materjaliks teip, mis on minigrip kilekoti ümber. Objektidele tegid doonorid 1, 2 ja 3 oma sõrmejäljed. Doonorid valiti selliselt, et oleks üks hea DNA doonor, üks kehvem DNA doonor ning üks keskmine DNA doonor. Selles osas, kuid head sõrmejäljedoonorid isikud 1, 2 ja 3 on, info puudus. Ühe komplekti puhul võtsid DNA-ekspertid proove „pimesi“ st jäljed ei ole liimaurukapis esile toodud. Teine komplekt pandi enne DNA-proovide võtmist liimaurukappi ja viidi läbi CNA töötlus. Seejärel võtsid DNA-ekspertid proovid esile tulnud jälgedest. Võetud DNA-proovide arv oli iga eksperdi otsustada. Kokku osales testis 5 DNA eksperti.

DNA-proovid võeti ühe niisutatud vatitampooni meetodiga. Võetud DNA-proovidest eraldati DNA kasutades testsüsteemi Crime Prep Adem-Kit (Ademtech), määrati DNA kontsentratsioon kasutades testsüsteemi Quantifiler Trio (Thermo Fisher Scientific) ja uuritavad proovid genotüüpiseeriti kasutades testsüsteemi NGM Detect (Thermo Fisher Scientific). DNA-profiilide analüüsimisel andsid DNA eksperdid arvamuse DNA-profiilide kvaliteedi kohta st kas tegemist on osalise või täisprofiiliga, kas tegemist on ühelt isikult pärineva DNA-profiiliga või segaprofiiliga. Lisaks võisid DNA-ekspertid kasutada piisava kvaliteediga DNA-profiilide puhul otsingute tegemiseks DNA andmebaasi ja anda arvamuse saadud leidude kohta. Ekspertid panid oma kujundatud hinnangu kirja iga DNA profiili kohta ning sellest tehti koondhinnang. Katse tulemusena hinnati kumb lähenemine oli tulemuslikum st kas proovide võtmine „pimesi“ lähtudes loogikast ja varasemast kogemusest või proovide võtmine peale jälgede esile toomist.

## 2.2. Tulemused

### 2.2.1. Materjalide analüüsi tulemused

Statistilisest andmeanalüüsi tulemusena leiti kõige sagedasemad objektid ning objekti materjalid, millele ajavahemikul 2020 kuni 2021 määrati sõrmejäljeekspertiis ning kasutati jälgede esiletoomiseks CNA metoodikat. Andmeanalüüs näitas, et kõige sagedasem objektide materjal, mida uuriti, oli kile/teip (53%). Järgnesid paber/papp (22%), metall (10%), plastik (9%) ja klaas (5%). Kõige sagedasemad objektid olid erinevad kilepakendid (45%) ja pappkastid (21%). Järgnesid teibid (8%), relvad või relvaosad (2%), foolium (1%) ja paberid (1%). Suhteliselt suure osa (23%) moodustasid muud objektid, mida polnud võimalik klassifitseerida eelpool nimetatud kategooriate alla. Joonisel 27 on välja toodud objektide ning objekti materjalide osakaalud.

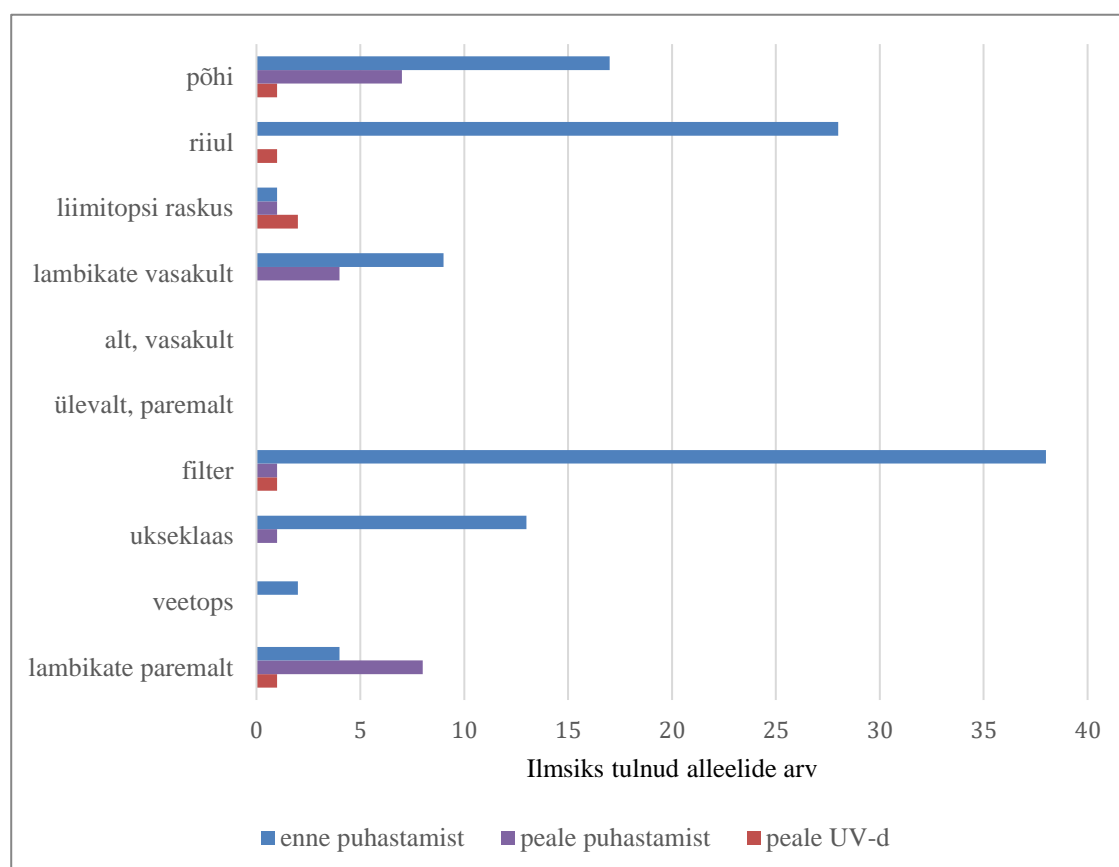


Joonis 26. Kõige sagedasemad objekti materjalid (vasakul) ja kõige sagedasemad objektid (paremal), millele tehti CNA töötlus aastatel 2020-2021 ja millele oli määratud nii DNA- kui ka sõrmejäljeekspertiis (autori koostatud)



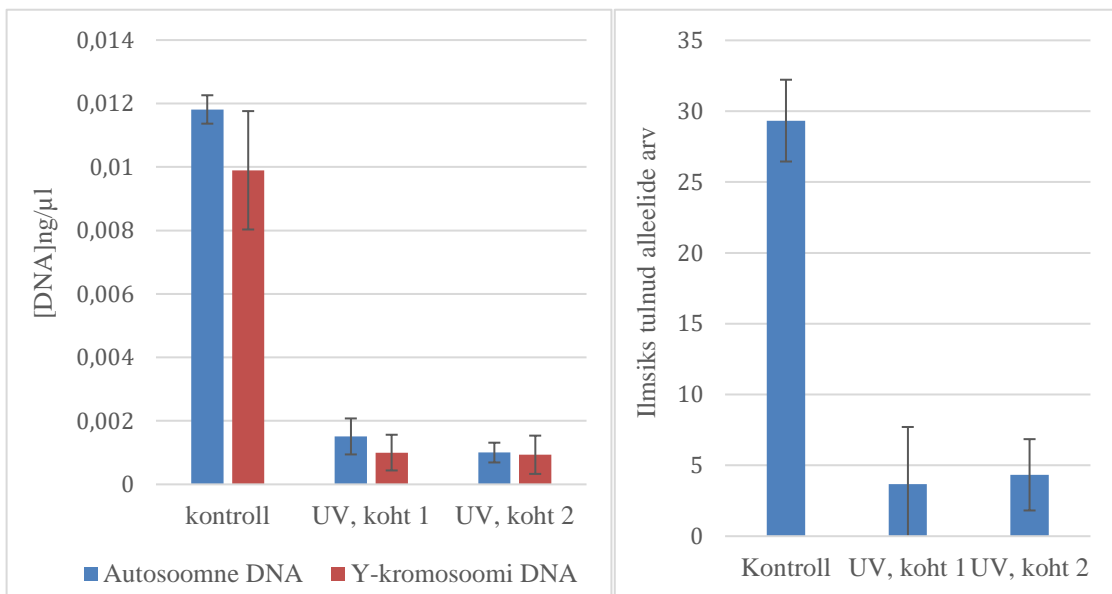
## 2.2.2. Kontaminatsiooni vältimine puutejälgede esiletoomisel

Liimaurukapi tootja juhiste kohaselt tuleb peale igat liimaurutsükli kasutada kapi dekontamineerimiseks UV-lampe. UV-kiirgus peaks lagundama DNA. Lisaks tuleb kappi regulaarselt puhastada liimijääkidest kasutades selleks vett, pesukäsna ja vajadusel kaabitsat. Antud katse käigus testiti, kas selline puhastamine tagab piisavalt puhtad tingimused DNA-ekspertiisi tegemiseks. Selleks võeti liimaurukapist erinevatest kohtadest DNA proove enne kapi puhastamist (n=10), peale kapi liimijääkidest puhastamist (n=10) ja peale UV-tsükli (n=10). Saadud tulemused on toodud joonisel 28. Kui alleelide arv jääb alla kümne alleeli loetakse proov/pind piisavalt puhtaks. Katse tulemused näitavad, et peale puhastamist oli liimaurukapp oluliselt puhtam, kui enne puhastamist. Lisaks vähendas UV-kiirguse kasutamine DNA-analüüsi tulemusena saadud DNA-profiilis esinevate alleelide arvu veelgi. Seega võib järeldada, et tootjapoolsed juhised liimaurukapi puhastamiseks on piisavad.



Joonis 27. Liimaurukapi puhtus enne ja pärast erinevaid puhastusetappe (autori koostatud)

Lisaks tehti eraldi eksperiment, et välja selgitada, kui efektiivselt liimiarukapis olevad UV-lambid DNA-d lagundavad. Saadud DNA kontsentratsioonid ja DNA-profiilis ilmsiks tulnud alleelide arvud on toodud joonisel 29. Kuna puutejälgedes võib DNA-d olla väga erinevas koguses ja väikeses koguses, siis selleks, et UV-kiirguse mõju oleks võimalik täpsemalt määrata, pipeteeriti igale naispäritolu sõrmejäljele kontrollitud kogus (1 ng) meespäritolu DNA-d. Testjäljed läbisid UV-tsükli liimiarukapis kahes erinevas asukohas (Koht 1 ja Koht 2) ning kontrolljälgi ei kiiritatud. Peale UV töötlust vähenes meespäritolu DNA kogus mõlema Petri tassile tehtud jälgede puhul (Koht 1 ja Koht 2) ligikaudu 10 korda võrreldes kontrolljälgedega, millele UV-kiirgust ei tehtud. Sama tulemus saadi ka sõrmejälgedest võetud proovidest määratud DNA-profiilide puhul. Jälgedest, mis läbisid UV töötluste, võetud DNA-proovidest saadud alleelide arv oli ligikaudu 10 korda väiksem võrreldes kontrolljälgedega. Seega võib järeldada, et UV tsükli kasutamine peale liimiaruru tsükli aitab väga efektiivselt lagundada DNA-d.



Joonis 28. UV kiirguse mõju DNA-kontsentratsioonile ja DNA-profiilis ilmsiks tulnud alleelide arvule (n=3) (autori koostatud)

Klassikaliselt kasutatakse sõrmejäljeekspertiisi tegemisel kontrolljäljena eksperdi enda sõrmejälge. DNA-ekspertiisi kontekstis oleks sellisel juhul tegemist potentsiaalse kontaminatsiooni allikaga (DNA võib kanduda kontrolljäljest üle ekspertiisiobjektile). Selleks, et kontaminatsiooni vältida, tuli välja töötada DNA-vaba kontrolljalg. Jälgede tegemiseks kasutati sõrmejäljerelieefiga templit, mida niisutati Tween 20 vedelikus ning

tehti seejärel templi jäljed puhtale pinnale. Templiga valmistatud Tween 20 jälgi kasutati CNA tsükli positiivse kontrollina ning ristkontaminatsiooni negatiivse kontrollina. Peale igat CNA töötlust hinnati, kas jälg on esile tulnud st liimiauru meetoodika toomis. Seejärel võeti kontrollijäljest DNA-proov ja kontrolliti, kas proov on DNA vaba st kapis ei ole aset leidnud ristkontaminatsiooni. Tehtud jäljed tulid ilmsiks liimiauru tsükli järgselt, mis tähendab, et Tween 20-ga jäetud tempel sobib positiivse kontrolli valmistamiseks. Kontrollijälgedelt võetud DNA-proovidest proovid ei sisaldanud inimpäritolu materjali, mis näitab, et liimiaurtsükli käigus ei toimunud DNA kandumist ühelt objektilt teisele.

Sõrmejälgede kontaminatsioonivaba esiletoomise eeltingimuseks on, et reaktiivid, mida liimiaurukapis kasutatakse oleksid DNA-vabad. Selleks testiti tsüanoakrülaatliimi puhtust. Kõik tsüanoakrülaatliimi purgist võetud proovid (n=3) olid puhtad, DNA-analüüsiks võetud proovidest ei õnnestunud määrata mitte ühtegi alleeli. Katse tulemusena võib järeldada, et kasutatav liim on DNA vaba ning seega sobib kasutamiseks DNA-ekspertiisiks puutejälgede esiletoomisel.

### **2.2.3. Meetoodika valideerimine**

Valideerimisel testiti meetoodika korduvust ja korratavust erinevatel materjalidel asuvate sõrmejälgede korral. Meetoodika korduvuse testimiseks võrreldi ühe isiku poolt sama liimiaurukapi kasutamisel erinevatelt objektidelt (foolium-, kile-, plast, klaas- ja metallmaterjalist objektidel ja teibil) esile toodud jälgede kvaliteeti. Kõik jäljed olid tehtud kolmes korduses. Esile toodud jälgede kordusjäljed olid sarnase kvaliteediga. Meetoodika korratavuse hindamiseks võrreldi kolme erineva isiku poolt kahel erineval päeval sama liimiaurukapi kasutamisel erinevatelt objektidelt (foolium-, kile-, plast-, klaas- ja metallmaterjalist objektidel ja teibil) esile toodud jälgede kvaliteeti. Kõik jäljed olid tehtud kolmes korduses. Erinevate isikute poolt esile toodud jäljed olid sarnase kvaliteediga ega sõltunud esiletoojast. Lisaks võrreldi kahe erineva liimiaurukapi (hetkel sõrmejäljeosakonnas kasutusel oleva liimiaurukapi ja valideeritava liimiaurukapi) kasutamisel erinevatelt objektidelt (foolium-, kile-, plast-, klaas- ja metallmaterjalist objektidel ja teibil) esile toodud jälgede kvaliteeti. Mõlema kapi kasutamisel saadi sarnase kvaliteediga jäljed. Jälgede esiletoomine ei sõltunud liimiaurukapist.

Katsete tulemusena saab järeldada, et valideeritava meetoodika korduvus ja korratavus on väga hea ning kahe erineva liimikapi kasutamisel saadud tulemused on samaväärse kvaliteediga (vt tabel 4). Tegija I puhul ei saadud kolmel korral kasutuskõlblikku sõrmejälge, kuid samal ajal saadi kõigist kasutuskõlblik DNA-profiil. Tegija II puhul ei saadud kahel korral kasutuskõlblikku sõrmejälge ning kahel korral kasutuskõlblikku DNA-profiili. Nii jälgede esiletoomine kui ka esile toodud jälgedest võetud DNA-proovide analüüsil saadud tulemused sõltusid kõige enam jälje doonorist ja doonori poolt tehtud jälgedest. Erinevad inimesed võivad jätta väga erineva kvaliteediga sõrmejälgi ja nendes jälgedes võib olla DNA-d väga erinevas koguses. Näiteks toodi viiel korral esile jälg, mis ei olnud kõlblik sõrmejälje ekspertiisiks, kuid oli kõlblik DNA-ekspertiisiks ning kahel korral toodi esile jälg mis ei olnud kõlblik DNA-ekspertiisiks, kuid oli kõlblik sõrmejälje ekspertiisiks (vt tabel 4).

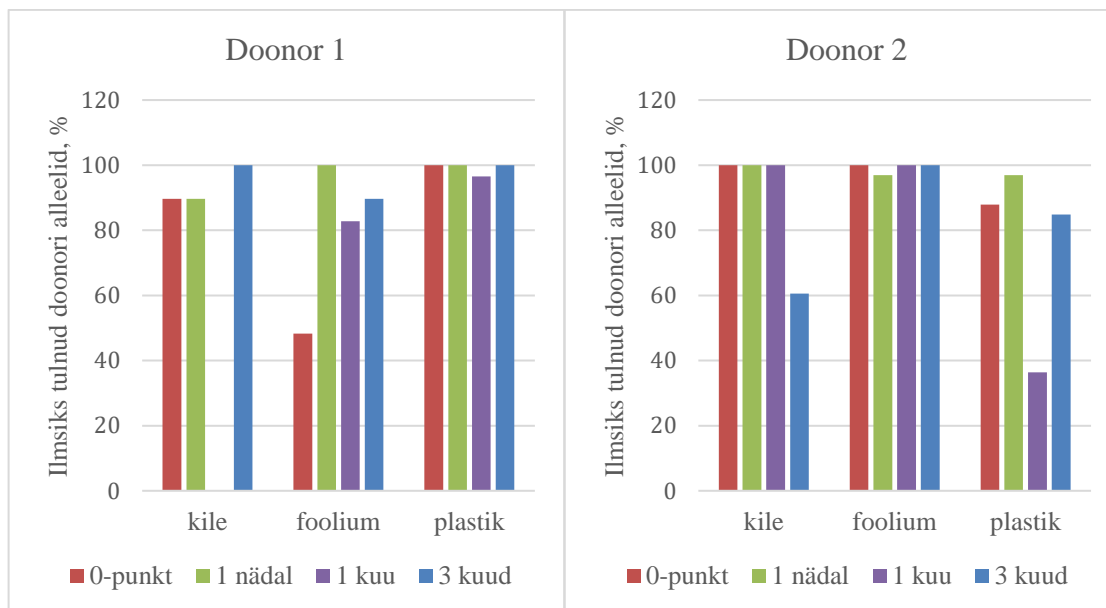
Tabel 4. Valideerimisel esile toodud sõrmejäljed (S) ja saadud DNA-profiilid (DNA) (autori koostatud)

		Kapp I, tegija I	Kapp I, tegija I	Kapp I, tegija II	Kapp I, tegija II	Kapp II, DNA proove ei võetud
<b>Objekt</b>		<b>S</b>	<b>DNA</b>	<b>S</b>	<b>DNA</b>	<b>S</b>
fooliumpaber	D1	x	x	x	x	x
fooliumpaber	D2	x	x	x	x	x
fooliumpaber	D3	-	x	x	x	x
musta värvi kile	D1	x	x	-	x	x
musta värvi kile	D2	x	x	x	x	x
musta värvi kile	D3	x	x	x	x	x
pruuni värvi teip	D1	x	x	x	x	x
pruuni värvi teip	D2	x	x	x	x	x
pruuni värvi teip	D3	-	x	-	x	-
alusklaas	D1	x	x	x	-	x

alusklaas	D2	x	x	x	x	x
alusklaas	D3	-	x	x	x	x
plasttops	D1	x	x	x	x	x
plasttops	D2	x	x	x	x	x
plasttops	D3	x	x	x	x	x
metallnuga	D1	x	x	x	-	x
metallnuga	D2	x	x	x	x	x
metallnuga	D3	x	x	x	x	x

Märkus: Ristiga on tähistatud objektid, mille puhul õnnestus saada identifitseerimiskõlblik sõrmejalg või DNA-profiil. Miinusega on tähistatud objektid, kus kasutuskõlblikku tulemust

Lisaks testiti meetodika töötamist erineva vanusega sõrmjälgede puhul. Jäljed toodi esile intervallidega: 0 päeva, 1 nädal, 1 kuu ja 3 kuud (vt joonis 30). Katse tulemusena õnnestus ka 3 kuu pärast esile tuua kvaliteetsed sõrmejäljed, mida saab kasutada isiku tuvastamiseks ning 3 kuu pärast võetud DNA-proovidest õnnestus saada DNA-profiilid, mida saab kasutada isiku kindlakstegemiseks. Saadud tulemused ei sõltunud ajafaktorist, küll aga sõltus jälgede kvaliteet doonori individuaalsest võimest jätta maha sõrmejälgi ja DNA-d ning jälgede tegemise kvaliteedist.



Joonis 29. Jälje doonori ilmsiks tulnud alleelide protsent erineva vanusega puutejälgede puhul (autori koostatud)

Ajafaktori mõju testimisel (vt tabel 5) saadi kõige enam identifitseerimiskõlblike sõrmejälgi ja DNA-profiile kui esiletoomine viidi läbi 1 nädala möödudes pärast jälje jätmist. 0-punkti puhul saadi kõigist sõrmejälgedest identifitseerimiskõlblikud sõrmejäljed, kuid doonor 1 korral ei saadud fooliumilt võetud DNA-proovist kasutuskõlblikku DNA-profiili. Kuna sarnase DNA sisaldusega sõrmejälgi on väga keeruline teha, siis võib olla, et fooliumile tehtud sõrmejälgedes ei jätnud doonor 1 maha piisavas koguses DNA-d, et seda DNA-analüüsi tulemusena tuvastada.

Kui esiletoomine viidi läbi 1 kuu möödumisel, siis saadi sõrmejälgede ja DNA-profiilide puhul sama palju identifitseerimiskõlblike tulemusi. Nimelt saadi positiivne tulemus kuuest objektist nelja objekti korral. Negatiivne tulemus saadi kilele doonor 1 poolt tehtud jälgedest ja plastikule (Petri tassile) doonor 2 poolt tehtud jälgedest. 3 kuu möödumisel esile toodud jälgede korral saadi identifitseerimiskõlblikud DNA-profiilid kõigist jälgedest v.a doonor 2 poolt kilele tehtud jälgedest ning identifitseerimiskõlblikud sõrmejäljed kõigist jälgedest v.a doonor 2 poolt kilele ja plastikule tehtud jälgedest. Kuna sõrmejälgede tegemisel on väga raske teha sarnase sõrmejälje kvaliteedi ja DNA-sisaldusega sõrmejälgi, siis pole võimalik antud katse tulemuste põhjal teha järeldusi selle kohta, et 1 kuu või 3 kuud toatemperatuuril seisnud

sõrmejäljed annavad vähem identifitseerimiskõlblikke sõrmejälgi või DNA-profiile. Küll aga võib järeldada, et 3 kuud seisnud jälgedest on võimalik saada identifitseerimiskõlblikke sõrmejälgi või DNA-profiile ning õnnestumise tõenäosus sõltub ennekõike doonori individuaalsest eripärast jätta maha sõrmejälgi ja bioloogilist materjali ning sellest, millise tugevusega on jäljed objektile tehtud.

Tabel 5. Ajafaktori mõju esile toodud sõrmejälgedele (S) ja DNA-profiilidele (DNA) (autori koostatud)

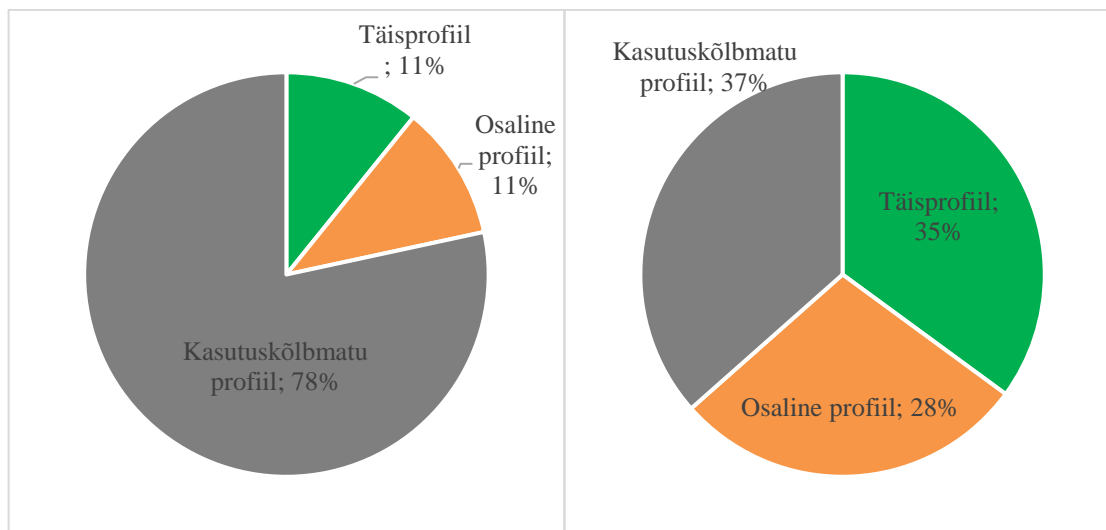
Objekt	0-punkt		1 nädal		1 kuu		3 kuud	
	DNA	S	DNA	S	DNA	S	DNA	S
kile D1	x	x	x	x	-	-	x	x
kile D2	x	x	x	x	x	x	-	-
foolium D1	-	x	x	x	x	x	x	x
foolium D2	x	x	x	x	x	x	x	x
plastik D1	x	x	x	x	x	x	x	x
plastik D2	x	x	x	x	-	-	x	-

Märkus: Ristiga on tähistatud objektid, mille puhul õnnestus saada identifitseerimiskõlblik sõrmejalg või DNA-profiil. Miinusega on tähistatud objektid, kus kasutuskõlblikku tulemust

#### 2.2.4. Puutejälgede esiletoomise mõju DNA-ekspertiisi tulemustele

Selleks, et teada saada kas liimaurukapi ja CNA meetodika rakendammine DNA-proovivõtu osana aitab suurendada DNA-ekspertiisi tulemuslikkust (ehk annab rohkem isiku identifitseerimiseks kasutuskõlblikke DNA-profiile), tehti eksperiment, mille käigus eksperdid võtsid ühelt komplektilt objektidelt DNA-proove „pimesi“ ning lähtudes ainult oma varasemast kogemusest ja teise komplekti puhul võtsid eksperdid proovid esile toodud jälgedest. Esimese komplekti puhul võeti kokku 37 DNA-proovi ning teise komplekti puhul 68 proovi.

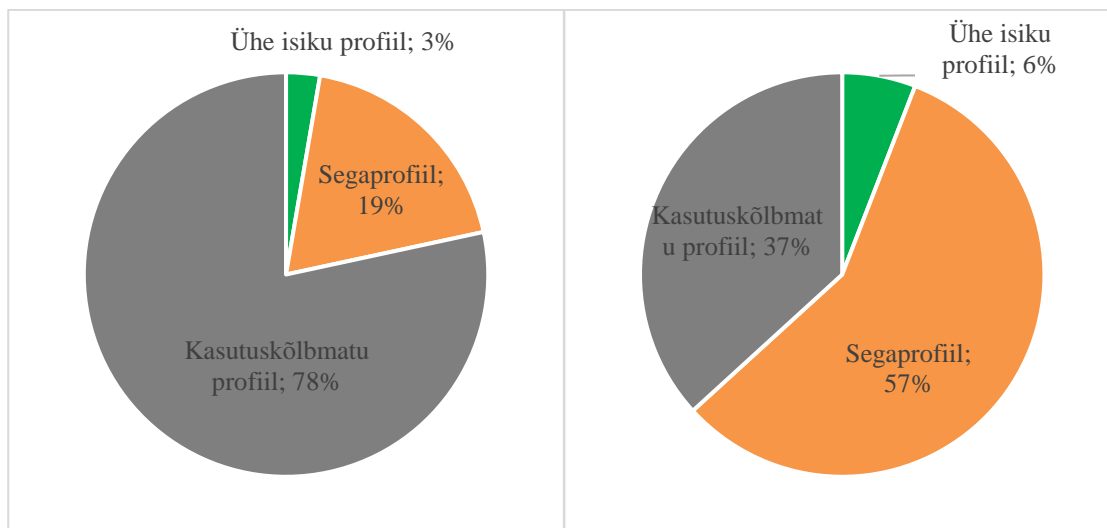
Pimesi võetud proovide puhul 11% DNA-profiilidest andsid täisprofiilid (st alleelid on ilmsiks tulnud kõigi uuritud markerite osas), 11% profiilidest andsid osalised profiilid ning 78% profiilidest olid kasutuskõlbmatud (vt joonis 31). Peale liimaurukapi kasutamist ja jälgede esiletoomist andsid 35% DNA-profiilidest täisprofiilid, 28% osalised profiilid ning 37% profiilidest olid kasutuskõlbmatud. Jälgede esiletoomise tulemusena tõusis täisprofiilide ja osaliste DNA-profiilide osakaal enam kui kaks korda ning kasutuskõlbmatute profiilide arv langes ligikaudu kaks korda.



Joonis 30. DNA-ekspertiisi tulemused – täisprofiilid, osalised profiilid ja kasutuskõlbmatud DNA-profiilid. Proovid on võetud „pimesi“ (vasakul) ja peale CNA töötlust (paremal) (autori koostatud)

Kui proovid võeti „pimesi“ (ilma jälgi esile toomata), siis moodustasid saadud tulemustest 3% ühelt isikult pärinevad DNA-profiilid, 19% segaprofiil (ehk proov sisaldab mitme isiku DNA-d) ning 78% proovidest olid kasutuskõlbmatud. Peale CNA töötlust ja jälgede esile toomist eespool toodud proportsioonid muutusid ning 6% proovidest andis tulemuseks ühelt isikult pärineva DNA-profiili, 57% saadi segaprofiilid ning 37% tulemustest olid kasutuskõlbmatud. Peale CNA töötlust suurenes ühelt isikult pärinevate DNA-profiilide arv ligikaudu kaks korda ning kasutuskõlbmatute profiilide arv langes (vt joonis 32).



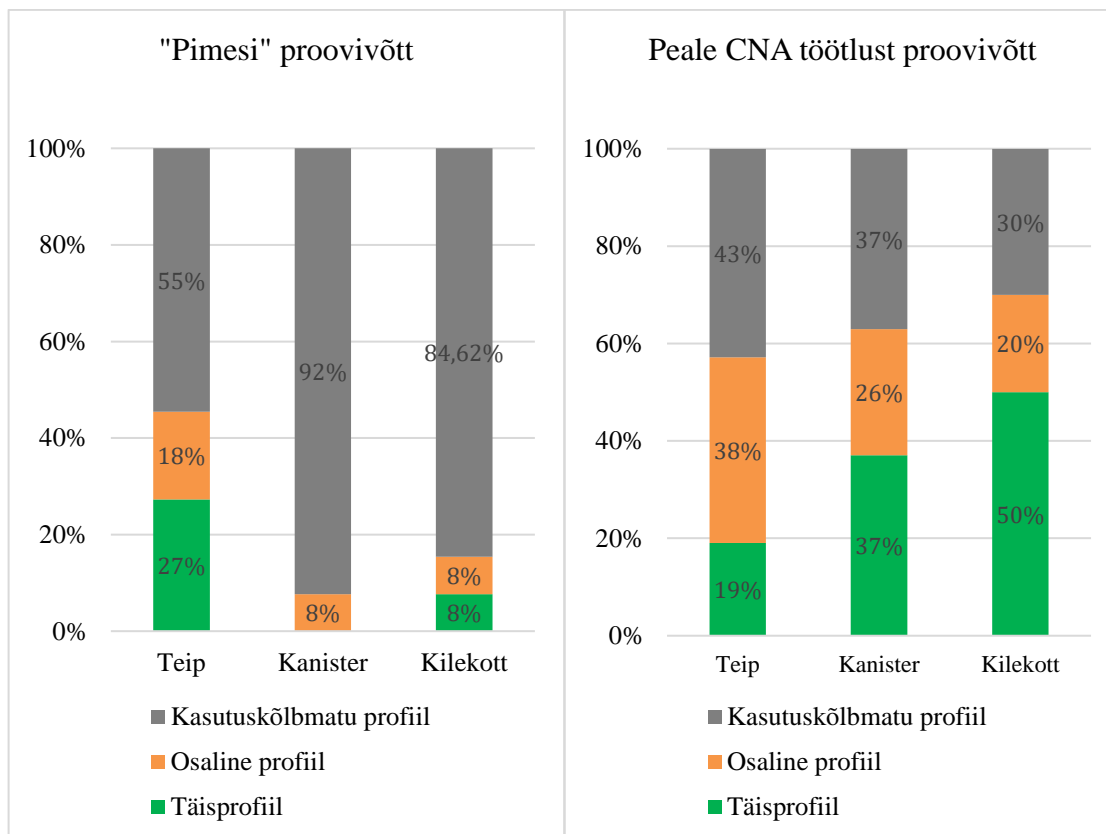


Joonis 31. DNA-ekspertiisi tulemused – ühelt isikult pärinevad DNA-profiilid, segaprofiilid ja kasutuskõlbmatud tulemused. Proovid on võetud „pimesi“ (vasakul) ja peale CNA töötlust (paremal) (autori koostatud)

Teibi korral said eksperdi varasemale kogemusele toetudes üsna hästi hakkama „pimesi“ DNA-proove võttes. Jälgede esiletoomine aitas mõningasel määral vähendada kasutuskõlbmatute profiilide hulka ja suurendas osaliste DNA-profiilide hulka (vt joonis 33)

Kanistri puhul ei õnnestunud DNA-ekspertidel „pimesi“ töötades saada DNA täisprofiili mitte ühelgi korral. Peale jälgede esiletoomist saadi ligikaudu 40% proovidest tulemuseks DNA-täisprofiilid. Samuti tõusis ka osaliste DNA-profiilide osakaal ning enam kui kaks korda vähenes kasutuskõlbmatute tulemuste osakaal. (vt joonis 32)

Ka kilekotilt võetud proovide puhul suurendas CNA töötlus DNA-ekspertiisi tulemuslikkust märkimisväärselt. Peale CNA töötlust tõusis DNA täisprofiilide arv enam kui kuus korda, osaliste DNA-profiilide arv ligikaudu kolm korda ning kasutuskõlbmatute DNA-profiilide arv langes ligikaudu kolm korda. (vt joonis 32)



Joonis 32. DNA-ekspertiisi tulemused teibilt, kanistrilt ja kilekotilt võetud proovide korral. Joonistel on toodud täisprofiilide, osaliste DNA-profiilide ja kasutuskõlbmatute DNA-profiilide osakaalud „pimesi“ DNA-proove võttes ja peale CNA töötlust DNA-proove võttes (autori koostatud)

Kahe uuritava grupi keskväertuste testimiseks ja statistiliselt olulise seose kindlaks tegemiseks kasutati z-testi. Nimetatud testi tegemisega testiti hüpoteesi – liimaurukapi kasutamine (CNA töötlus) suurendab DNA-ekspertiisi tulemuslikkust (suureneb kasutuskõlblike DNA-profiilide hulk ja väheneb kasutuskõlbmatute DNA-profiilide hulk). Võrreldavad proportsioonid on toodud tabelis 6 ja tabelis 7.

Tabel 6. Z-testi tulemused proportsioonide erinevuse statistilise olulisuse hindamiseks (autori koostatud)

Võrreldavad proportsioonid	„Pimesi“ proovivõtt	Peale CNA töötlust proovivõtt	z-statistik	p-väärtus
Täisprofiil	11%	35%	2,66	p<0,05

Osaline DNA-profiil	11%	28%	2,01	p<0,05
Täisprofiil ja osaline profiil	22%	63%	4,1	p<0,05
Kasutuskõlbmatu DNA-profiil	78%	37%	4,1	p<0,05

Statistiliselt oluline seos esines kõigi võrreldavate uuritavate gruppide puhul, v.a. kui võrreldi ühelt isikult pärinevate DNA-profiilide hulka „pimesi“ proove võttes ja peale CNA töötlust proove võttes. Testi tulemusena saab järeldada, et kui puutejälgede esiletoomiseks kasutada tsüanoakrüülaatmetoodikat (CNA-d), siis saadakse oluliselt rohkem DNA-profiile, mida saab kasutada usaldusväärseks isiku identifitseerimiseks ja väheneb kasutuskõlbmatute DNA-profiilide hulk ning seeläbi suurendab puutejälgede esiletoomine DNA-ekspertiisi tulemuslikkust.

Tabel 7. Z-testi tulemused proportsioonide erinevuse statistilise olulisuse hindamiseks (autori koostatud)

Võrreldavad proportsioonid	„Pimesi“ proovivõtt	Peale CNA töötlust proovivõtt	z-statistik	p-väärtus
Ühe isiku profiil	3%	6%	0,68	p>0,05
Segaprofiil	19%	57%	3,74	p<0,05
Ühe isiku profiil ja segaprofiil	22%	63%	4,02	p<0,05
Kasutuskõlbmatu DNA-profiil	78%	37%	4,02	p<0,05

## 2.3. Järeldused

### 2.3.1. Töö tulemuste seos varasemate uuringutega

Uurimistöö tulemusena selgus, et kui puutejälgede esiletoomiseks kasutada CNA töötlust, siis peale töötlust on võimalik võtta DNA-proove kasutades veega niisutatud vatitampooni. CNA töötlus ei lagunda DNA-d ega inhibeeri DNA analüüsimisel

erinevates etappides kasutatud meetodikaid. Saadud tulemus on kokkulangev varasemate uuringutega (Lehepuu, antud töö, lk 9 ja Lim, antud töö, lk 19), mille kohaselt CNA töötlus ei kahjusta DNA-d ning jälgede esiletoomine suurendab kasutuskõlblike DNA-profiilide arvu.

Töö autorile teadaolevalt ei ole varasemalt publitseeritud uuringut, kus oleks paralleelselt võrreldud DNA-proovide võtmist „pimesi“ ja peale CNA töötlust, mistõttu pole võimalik antud töös saadud tulemusi võrrelda varasemate uuringutega. Samuti pole varasemalt publitseeritud uuringuid liimikapi kasutamisega kaasnevatest võimalikest kontaminatsiooniriskidest ja nende maandamisest.

### **2.3.2. Vastused uurimisküsimustele**

Uurimisküsimuste vastused sõnastatakse järgmiselt

1. Kas sõrmejäljeosakonnas kasutusel olevaid sõrmejälgede esiletoomise meetodikaid saab kasutada DNA-osakonnas puutejälgede esiletoomiseks ja DNA-ekspertiisi tegemiseks?

Sõrmejäljeosakonnas kasutuses olev tsüanoakrülaat (CNA) meetodika sobib kasutamiseks puutejälgede esiletoomiseks enne DNA-proovide võtmist, ning DNA-ekspertiisi tegemiseks (kasutades DNA-osakonnas kasutusel olevaid meetodikaid DNA-proovide võtmiseks, DNA eraldamiseks, kvantiteerimiseks ja genotüpiseerimiseks). Võrreldes sõrmejäljeekspertiisi töötingimustega, tuleb DNA-ekspertiisiks jälgede esiletoomisel tagada, et jäljed ei kontamineeruks jälgede esiletoomise protsessis.

Saadud tulemused ühtivad varasemalt publitseeritud uurimistöödega (see töö lk 9 ja 19), kus on näidatud, et puutejälgede esiletoomine kasutades tsüanoakrülaat liimi ei inhibeerii DNA-analüüsi meetodikaid. Küll aga kasutavad erinevad laborid erinevaid meetodikaid ning varasemalt publitseeritud töödes pole kasutatud DNA-eraldamiseks, kvantiteerimiseks ja genotüpiseerimiseks sama meetodikate komplekti, mida kasutab EKEI DNA-osakond. CNA meetodika puutejälgede esiletoomiseks peab enne kasutusele võtmist läbima laborisisese valideerimise, kus hinnatakse meetodika vastavust eesmärgile ja sobivust koos töövoos teiste meetodikatega. Selleks viidi antud

uurimistöö raames läbi CNA metoodika valideerimine, mis kinnitas, et antud metoodika vastab eesmärgile ja sobib kasutamiseks puutejälgede esiletoomiseks enne DNA-proovide võtmist.

## 2. Kuidas vältida puutejälgede esiletoomisest analüüsi materjali kontamineerumist?

Kirjanduse ülevaade selgitab, mida tähendab kontaminatsioon DNA-ekspertiisi kontekstis, kirjeldab võimalike tekkemehhanisme ning annab juhiseid kuidas kontaminatsiooni riski maandada. Riskide maandamiseks ja puutejälgede kontaminatsioonivabaks esiletoomiseks viidi läbi eksperimendid, mille läbi viimisel järgiti kirjanduse ülevaates toodud soovitusi (see töö lk 18) kontaminatsiooni vältimiseks. Eksperimentide tulemusena:

1. Tehti kindlaks, et tootja poolsed juhised liimaurukapi puhastamiseks on piisavad ning tootjapoolsed juhised võeti kasutusele.
2. Tehti kindlaks, et UV-lambid, mida kasutatakse liimaurukapi töötamise järgselt, hävitavad DNA-d piisavalt efektiivselt. Sellest tulenevalt otsustati, et iga liimaurukapi tsükli järgselt tuleb teha läbi UV lambi tsükkel 30 minutit.
3. Töötati välja ja võeti kasutusele inim-DNA vaba kontrolljalg, mida kasutatakse liimaurukapi töötamise positiivse kontrollina (tõestab, et CNA metoodika töötab) ja liimaurukapi ristkontaminatsiooni ja reaktiivide negatiivse kontrollina (tõestab, et kasutatud reaktiivid (liim ja vesi) on puhtad ning liimaurukapis ei kandunud bioloogiline materjal kapis olevalt objektilt kontrolljäljele).
4. Tehti kindlaks, et kasutatavad reaktiivid on puhtad (st DNA-vabad).

Lisaks järgitakse kontaminatsiooni vältimiseks puutejälgede esiletoomisest kõiki DNA-osakonna ruumides töötamise nõudeid ja tööjuhendeid ning regulaarselt kontrollitakse liimaurukapi puhtust.

Eksperimendid osutusid sobivaks kontamineerimise ära hoidmiseks, seda kinnitasid antud töös läbiviidud analüüsitulemused. Liimaurukapi puhastamisel tootjapoolsete juhiste puhul koos UV-lampidega oli efektiivne ning aleelide arv jäi alla 10, mida võib lugeda puhtaks. Kasutusel olev DNA-vaba kontrolljalg, tõestas, et CNA metoodika toimib tuues esile templil oleva sõremjäljereliifi ning samaaegselt puudus sellel jäljel

inim-DNA-d, mille järelalusena saab öelda, et ei toiminud ristkontamineerumist. Samuti kontrolliti vee ning kasutuses oleva liimi puhtust, ning mõlema puhul puudusid alleelid ning saab kasutuses olevad reaktiivid lugeda puhtaks ehk DNA-vabaks.

3. Millisel määral puutejälgede esiletoomine enne DNA-ekspertiisiks proovide võtmist (kasutades tsüanoakrülaatiimi) parandab DNA-ekspertiisi tulemuslikkust?

Puutejälgede esiletoomine aitab DNA-ekspertidel näha reaalseid puutejälgi (see töö lk 17). Antud töös läbi viidud „pimekatse“ tõestas, et kui jäljed on DNA-eksperdi jaoks esile toodud, siis saadakse rohkem kasutuskõlblikke tulemusi võrreldes sellega kui ekspert võtab proove „pimesi“ (lähtudes oma varasemast kogemusest ja sisetundest). Jälgede esiletoomise tulemusena tõusis täisprofiilide ja osaliste DNA-profiilide osakaal enam kui kaks korda ning kasutuskõlbmatute profiilide arv langes ligikaudu kaks korda. Lisaks suurendas jälgede esiletoomine ka ühelt isikult pärinevate DNA-profiilide osakaalu. Seda kinnitas ka z-test, mis näitas, et puutejälgede esiletoomisel kasutades tsüanoakrülaatmetoodikat (CNA-d) suurenes oluliselt DNA-profiilide arv, mida saab kasutada usaldusväärseks isiku identifitseerimiseks ja vähenes kasutuskõlbmatute DNA-profiilide hulk ning seeläbi suurendas puutejälgede esiletoomine DNA-ekspertiisi tulemuslikkust.

Kolmele uurimisküsimuste vastuste põhjal lahendati ühtlasi ka selle magistritöö keskne uurimisprobleem - millist mõju avaldab puutejälgede esiletoomine DNA-ekspertiisi tulemuslikkusele. Puutejälgede esiletoomine suurendab DNA-ekspertiisi tulemuslikkust ehk edukust. Peale jälgede esiletoomist on puutejäljed DNA-eksperdi jaoks nähtavad ning DNA-ekspert saab proove täpsemalt võtta. See omakorda võimaldab saada rohkem DNA-profiile, mida saab kasutada usaldusväärseks isiku identifitseerimiseks. Lisaks on võimalik jälgede kuju ja asetuse järgi otsustada, kas võtta proove ühest jäljest või mitmest jäljest, kas jäljed pärinevad potentsiaalselt ühelt doonorilt või mitmelt doonorilt. See omakorda võib anda rohkem ühelt isikult pärinevaid DNA-profiile ja vähendada kasutuskõlbmatute DNA-profiilide hulka.

### **2.3.3. Töö praktiline väärtus**

Antud uurimistöö käigus valideeritud meetodika võetakse DNA-osakonnas kasutusele koostöös sõrmejäljeosakonnaga. Uus meetodika võimaldab saada DNA-ekspertidel senisest paremaid tulemusi ning see omakorda aitab identifitseerida rohkem isikuid ja lahendada suuremal arvul kuritegusid.

Antud uurimistöö käigus valideeritud ja kasutusele võetud uudne lähenemine võib saada aluseks täiesti uue ekspertiisiliigi tekkimisele. Sellisel juhul ei otsusta tellija, kas ta soovib DNA-ekspertiisi või sõrmejälje ekspertiisi, vaid tellitakse näiteks identifitseerimise ekspertiis. DNA ja sõrmejälje ekspertide ühisvaatlus ehk objektide ühine käsitlemine võimaldab esiletoodud jäljed fotografeerida ja seejärel leida optimaalne lähenemine ekspertiisiliigi valikul - kas jälgede kvaliteet on piisav sõrmejälje ekspertiisiks, DNA-ekspertiisiks või kas õnnestub ühte jälge kasutada mõlema ekspertiisi tegemiseks.

### **2.3.4. Töö piirangud ja puudused**

DNA-ekspertiisi tulemuslikkust ja seega antud töö tulemuste analüüsimist ning järelduste tegemist mõjutab jälje doonorite individuaalne eripära – erinev võime endast bioloogilist materjali maha jätta ja erinev võime kvaliteetseid sõrmejälgi maha jätta. Sealjuures ei pruugi head DNA-doonorid olla head sõrmejälje doonorid ja vastupidi. Eksperimentide puhul, mis on ülesehitatud doonorite poolt tehtud sõrmejälgedele, tuleb arvestada, et sarnase sõrmejälje kvaliteedi ja bioloogilise materjali sisaldusega sõrmejälgi on väga keeruline kui mitte võimatu teha.

## **2.4. Ettepanekud**

Uurimistöö käigus valideeritud meetodika läbis edukalt Eesti Akrediteerimiskeskuse poolse ülevaatuse. Alates 2023 aasta algusest võeti uus meetodika EKEI-s kasutusel ning käivitati pilootprojekt uudse lähenemise testimiseks reaalsete EKEI-sse saabuvate ekspertiisiojektidega. Ettepanekuna tooksin välja soovitusi uut lähenemist testida võimalikult paljude ekspertiisiojektidega, et saada kogemust ja teadmist, milliste objektide puhul on otstarbekas kasutada CNA töötlust ja milliste objektide puhul see midagi juurde ei anna st eksperdi „pimesi“ lähenemine on sama efektiivne.

Kontaminatsiooni vältimiseks tehakse CNA töötlus ühele objektile korraga ning ühe objekti töötluks koos UV tsükliga kulub ligikaudu 1 tund. See tähendab, et 8 objekti korral kulub DNA proovivõtuks juba terve tööpäev. Kuna tegemist väga ajamahuka protsessiga, siis tuleb leida optimaalne lähenemine uue meetodika rakendamiseks.

CNA töötlus ei võimalda puutejälgi esile tuua kõigilt objektidelt. Meetodikaga on seotud omad piirangud nii objekti materjali osas kui ka selles osas, mis on veel omakorda objekti sisse pakendatud. Näiteks narkootilise aine pakendite puhul on aine pakendatud enamasti kilepakendite sisse, mis on väga hea pind CNA töötluks, kuid narkootilist ainet ennast liimiaurkappi panna ei saa, kuna see võib mõjutada aine kaalu ja omadusi. Tuleks leida ja testida veel erinevaid puutejälgede esiletoomise meetodikaid, mis võimaldaks puutejälgi esile tuua ka objektidelt, mis pole sobilikud CNA töötluks jaoks.



## KOKKUVÕTE

Iga ekspertiisobjekti puhul, millele on määratud nii DNA- kui ka sõrmejäljeekspertiis, tuleb hoolikalt kaaluda, kust ja kuidas võtta DNA-proove nii, et ühe ekspertiisi tegemine ei kahjusta teise ekspertiisi tegemist. Sõrmejäljed on silmale enamasti ilma eelneva töötluseta nähtamatud ning DNA eksperdid lähtuvad proovide võtmisel oma varasemast kogemustest, teadmistest ja enda sisetundest. Kui ühele objektile on määratud nii DNA- kui ka sõrmejäljeekspertiis, siis jagatakse tavaliselt ära pinnad, mis jäävad ühe ja teise ekspertiisi tegemiseks. Enamasti saab DNA-ekspert endale sellised pinnad, kust pole võimalik kvaliteetseid sõrmejälgi saada, näiteks reljeefsed pinnad, ning sõrmejäljeekspert saab enda ekspertiisi tegemiseks siledad pinnad. Selline lähenemine ei pruugi aga alati kõige tulemuslikum olla. Samuti ei pruugi „pimesi“ proovivõtt kõige edukam lähenemine olla ja seda just suurte objektide puhul. Teoorias saab ühte hea kvaliteediga sõrmejälge kasutada nii sõrmejälje- kui ka DNA-ekspertiisi tegemiseks, kuid seda ainult eeldusel, et sõrmejälgede esiletoomine ja fotografeerimine on tehtud kontaminatsioonivabades ja puhastes tingimustes. Sellisel juhul saab peale jälje fotografeerimist võtta jäljest DNA-proovi. Enamikes riikides ei tööta sõrmejäljeekspertid DNA-vabades tingimustes ja nii ka EKEI-s. Kui ekspertiisobjektid on läbinud sõrmejäljeekspertiisi, siis on ekspertiisobjektid kontamineerunud ning DNA-ekspertiisi tegemine pole enam võimalik. 2021 aasta lõpp kuni 2022 esimene pool valmistati EKEI DNA-osakonnas ette eraldi ruum ja soetati eraldi seadmed selleks, et puutejälgi oleks võimalik esile tuua kontaminatsioonivabades tingimustes ning seda oleks võimalik teha enne DNA-proovide võtmist.

Käesoleva magistritöö **eesmärgiks** on selgitada välja seos DNA proovivõtus puutejälgede esiletoomise ja DNA-ekspertiisi tulemuslikkuse vahel. Magistritöö kirjanduse ülevaade kirjeldab erinevaid puutejälgede esiletoomise meetodikaid ja analüüsib nende potentsiaalset kasutamist jälgede esiletoomiseks DNA-ekspertiisi tegemiseks. Lisaks antakse ülevaade puutejälgedest, nendega seotud eripäradest, proovivõtu tehnikatest ning sellest kuidas tagada DNA proovivõtuks vajalikud tingimused, mis võimaldavad vältida kontaminatsiooni ning millest lähtudes töötatakse töö praktilises osas välja tingimused kontaminatsioonivabaks puutejälgede esiletoomiseks. Töö praktilises osas luuakse vajalikud tingimused uue meetodika

(puutejälgede jälgede esiletoomine kasutades CNA-d) kasutusele võtmiseks DNA-osakonna laboris, valideeritakse meetoodika ning hinnatakse uue meetoodika kasutusele võtmise mõju DNA-ekspertiisi tulemuslikkusele.

Metoodika valideerimiseks valiti enamlevinud objektid ja materjalid, mis saadeti aastatel 2020-2021 EKEI-sse nii DNA- kui ka sõrmejäljeekspertiisi ning jälgede esiletoomiseks kasutati CNA meetoodikat. Antud uurimistöös antakse ülevaade enamlevinumatest objektidest ja materjalidest. Metoodika valideerimisel testiti meetoodika korduvust ja korratavust ning võrreldi kas EKEI sõrmejäljeosakonnas kasutusel oleva liimaurukapi MVCTM3000 ja valideeritava liimaurukapi MVC3000D3 kasutamisel esile toodud jäljed on sarnase või erineva kvaliteediga. Lisaks testiti ajafaktori mõju valideeritavale meetoodikale ning analüüsiti sõrmejälgi, mis olid seisnud toatemperatuuril 0 päeva, 1 nädal, 1 kuu ja 3 kuud. Valideeritava liimaurukapi ja sõrmejäljeosakonnas kasutusel oleva liimaurukapi kasutamisel saadi samaväärse kvaliteediga jäljed. Valideeritava meetoodika korduvus ja korratavus olid head. Kuna sõrmejälgede tegemisel on väga raske teha sarnase sõrmejälje kvaliteedi ja DNA-sisaldusega sõrmejälgi, siis pole võimalik antud katse tulemuste põhjal teha järeldusi selle kohta, et 1 kuu või 3 kuud toatemperatuuril seisnud sõrmejäljed annavad vähem identifitseerimiskõlblikke sõrmejälgi või DNA-profiile. Küll aga võib järeldada, et 3 kuud seisnud jälgedest on võimalik saada identifitseerimiskõlblikke sõrmejälgi või DNA-profiile ning õnnestumise tõenäosus sõltub ennekõike doonori individuaalsest eripärasest jätta maha sõrmejälgi ja bioloogilist materjali ning sellest, millise tugevusega on jäljed objektile tehtud.

Antud uurimistöö raames selgitati välja võimalikud kontaminatsiooni riskid seoses CNA töötluse kasutusele võtmisega DNA-proovivõtu osana. Riskide maandamiseks ja puutejälgede kontaminatsioonivabaks esiletoomiseks viidi läbi eksperimendid, mille tulemusena tehti kindlaks, millised meetmed on piisavad liimaurukapi puhastamiseks ning töötati välja juhised liimaurukapi puhastamiseks. Lisaks, tehti kindlaks, et UV-lambid, mida kasutatakse liimaurukapi töötamise järgselt, hävitavad DNA-d piisavalt efektiivselt ning liimaurukapis kasutatavad reaktiivid (liim ja vesi) on puhtad (st DNA-vabad). Klassikaliselt kasutatakse sõrmejäljeekspertiisi tegemisel ja jälgede esiletoomisel positiivse kontrolljäljena eksperdi enda sõrmejälge. DNA-ekspertiisi

kontekstis ei hea mõte panna liimaurukappi jälge, mis sisaldab DNA-d, kuna see võib kontamineerida ekspertiisiobjekti (st DNA võib kanduda kontrolljäljest ekspertiisiobjektile). Antud uurimistöö raames töötati välja DNA-vaba kontrolljalg, mille tegemiseks valmistati sõrmejälje reljeefiga tempel. Templiga tehakse templijalg puhtale musta värvi kile tükile või Petri tassile ning jälje tegemiseks kasutatakse reaktiivi Tween 20. Tehtud kontrolljälge kasutatakse nii liimaurukapi töötükli positiivse kontrollina (tõestab, et CNA meetodika töötab) kui ka liimaurukapi ristkontaminatsiooni ja reaktiivide negatiivse kontrollina (tõestab, et kasutatud reaktiivid (liim ja vesi) on puhtad ning liimaurukapis ei kandunud bioloogiline materjal kapis olevalt objektilt kontrolljäljele).

Selleks, et teada saada kas liimaurukapi ja CNA meetodika rakendamine DNA-proovivõtu osana aitab suurendada DNA-ekspertiisi tulemuslikkust (ehk annab rohkem isiku identifitseerimiseks kasutuskõlblikke DNA-profiile), tehti eksperiment, mille jaoks valmistati ette kaks komplekti objekte, kuhu kolm doonorit tegid oma sõrmejäljed. Eksperdid võtsid ühelt komplektilt objektidelt DNA-proove „pimesi“ lähtudes ainult oma varasemast kogemusest ja sisetundest ning teise komplekti puhul võtsid eksperdid proovid liimaurukapis esile toodud jälgedest. Jälgede esiletoomise tulemusena tõusis täisprofiilide ja osaliste DNA-profiilide osakaal enam kui kaks korda ning kasutuskõlbmatute profiilide arv langes ligikaudu kaks korda. Peale CNA töötlust suurenes ühelt isikult pärinevate DNA-profiilide arv ligikaudu kaks korda. Katse tulemusena saab järeldada, et puutejälgede esiletoomine enne DNA-proovide võtmist suurendab DNA-ekspertiisi tulemuslikkust. Peale jälgede esiletoomist on puutejäljed DNA-eksperdi jaoks nähtavad ning DNA-ekspert saab proove täpsemalt võtta. Lisaks on võimalik jälgede kuju ja asetuse järgi otsustada, kas võtta proove ühest jäljest või mitmest jäljest, kas jäljed pärinevad potentsiaalselt ühelt doonorilt või mitmelt doonorilt. See omakorda võimaldab saada rohkem ühelt isikult pärinevaid DNA-profiile ja vähendada kasutuskõlbmatute DNA-profiilide hulka.

Antud uurimistöö käigus valideeritud meetodika võetakse DNA-osakonnas kasutusele koostöös sõrmejäljeosakonnaga. Uus meetodika võimaldab saada DNA-ekspertidel senisest paremaid tulemusi ning see omakorda aitab identifitseerida rohkem isikuid ja lahendada suuremal arvul kuritegusid.

## SUMMARY

This master's thesis is about Improving the performance of DNA expertise by enhancing touch marks. This thesis is written in Estonian and consist of 80 pages and there has been used 78 sources in Estonian and English. The aim of the research is to determine the relationship between the identification of touch marks in DNA sampling and the performance of DNA expertise.

The study found answers to the following research questions:

1. Can the fingerprint identification methods used in the fingerprint department of the Estonian Forensic Institute be used in the DNA department to identify fingerprints and perform DNA examination?
2. How to avoid contamination of the analysis material when bringing out touch marks?
3. What effect does the exposure of touch marks have on the performance of DNA expertise?

In order to achieve the aim and fulfil the research tasks a quantitative empirical study was carried out and for data collection there were carried out experiments. The thesis was divided into two chapters: theoretical section and experimental section. The first chapter is an explanatory part of the theoretical background where is explained DNA forensic sampling, contamination prevention and fingerprint forensic documentation methodologies and their suitability for DNA expertise. The second chapter provides an overview of the research methodology used and analyses the data obtained. The second chapter draws conclusions and highlight the positive and negative aspects of the study with recommendations for further research.

The authors part in this thesis is:

- Participate in the development of the test plan
- Participate with the fingerprint department experts in the step of bringing out the traces
- Participate with the DNA department experts in the phase of taking DNA samples

- Photograph the traces that were made visible
- Participate in the analysis of the received data
- Describe the results of the project

During this thesis there were many experiments carried out to find out how much does enhanced fingerprints improve the DNA expertise. There was found out that using the new method where fingerprints were enhanced using cyanoacrylate fuming improved the DNA results more than when using the old method where DNA-experts were "blindly" taking DNA samples.

## VIIDATUD ALLIKAD

Al Olewi, A., Hussain, I., McWhorter, A., Sutton, R., King, R.S.P., 2017. DNA recovery from latent fingermarks treated with an infrared fluorescent fingerprint. *Forensic Science International*. 277, pp. e39-e43.

Arnaud, C.H., 2017. Thirty years of DNA forensics: How DNA has revolutionized criminal investigations. *Chemical & Engeneering News*. 95(37).

Baldwin, H.B., May, C.P., 2017. *Crime Scene Contamination Issues*, Crime Scene Investigator Network. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.crime-scene-investigator.net/crime-scene-contamination-issues.html> [Kasutatud 30.12.2022].

Balk, C., 2015. Reducing Contamination in Forensic Science. *Themis: Research Journal of Justice Studies and Forensic Science*. 3(12), pp. 222-232

Barash, M., Reshef, A., Brauner, P., 2010. The use of adhesive tape for recovery of DNA from crime scene items. *J Forensic Sci*. 55(4), pp. 1058-1064.

Bathrick A.S., Norsworthy, S., Plaza, D.T., McCormick, M.N., Slack, D., Ramotowski, R.S., 2021. DNA recovery after sequential processing of latent fingerprints on copy paper. *Journal of Forensic Sciences*, 67(1), pp. 149-160.

Bleay, S.M., Croxton, R.S., de Puit, M., 2018. *Fingerprint Development Techniques, Theory and Application*. John Wiley & Sons Ltd, pp. 230-231; 341-343.

Bumrah, G.S., 2017. Cyanoacrylate fuming method for detection of latent fingermarks: a review. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 7(4).

Burns D.S., 1994. Sticky-Side Powder: the Japanese solution. *Journal of Forensic Identification* 44 (2), pp. 133-138.

BVDA, 2023a. Basic Yellow 40. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.bvda.com/en/basic-yellow-40> [Kasutatud 01.02.2023].

BVDA, 2023b. Acid Yellow 7. [Võrgumaterjal] Leitav <https://www.bvda.com/en/acid-yellow-7> [Kasutatud 01.02.2023].

BVDA, 2023c. Wet Powder black. [Vörgumaterjal] Leitav <https://www.bvda.com/en/powder-suspensions> [Kasutatud 01.02.2023].

BVDA, 2023d. Magnetic Silver. [Vörgumaterjal] Leitav <https://www.bvda.com/en/magnetic-powders> [Kasutatud 01.02.2023].

BVDA, 2023e. DFO. [Vörgumaterjal] Leitav <https://www.bvda.com/en/dfo> [Kasutatud 01.02.2023].

BVDA, 2023f. Physical Developer. [Vörgumaterjal] Leitav <https://www.bvda.com/en/physical-developer> [Kasutatud 01.02.2023].

BVDA, 2023g. Crystal Violet - Basic Violet 3. [Vörgumaterjal] Leitav <https://www.bvda.com/en/crystal-violet> [Kasutatud 01.02.2023].

BVDA, 2023h. Amido Black. [Vörgumaterjal] Leitav <https://www.bvda.com/en/amido-black> [Kasutatud 01.02.2023].

Czekanski, P., Fasola, M., Allison, J., 2006. A mechanistic model for the superglue fuming of latent fingerprints. *J Forensic Sci*, 51(6), pp. 1323-1328.

Couenhoven, P., (2015), *History and Science of Forensic DNA Testing*. SDAP seminar. San Jose: Sixth District Appellate Program.

Cook, T. D. C., Shadish, W. D. & Campbell, D. T., 2002. *Experimental and Quasiexperimental Designs for Generalized Causal Inference*. Boston, New York: Houghton Mifflin.

Creswell, J. W., 2009. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 3rd ed. SAGE Publications, p 227.

Champod, C., Lennard, C.J., Margot, P., Stoilovic, M., 2016. *Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions*, 2nd ed. CRC Press, pp. 26, 190-280.

Drifton, 2023, Petri dish in plastic. [Vörgumaterjal] Leitav <https://www.drifton.eu/shop/124-lab-plasticware/2411-petri-dish-in-plastic/> [Kasutatud 01.04.2023].

Drzewiecka, K., Rogoża, E., 2019. Contrasting fingerprints with Basic Yellow 40 - a methodological algorithm. *Forensic Science*, 305(3), pp. 60-65.

Dominick, A., Welch, L., Daéid, N., Bleay, S., 2009. Is there a relationship between fingerprint donation and DNA shedding? *Journal of Forensic Identification*, 59(2), pp. 133-143.

Fabiszak, M., 2019. Wet Powder White – powder suspension applicable not only to the adhesive sides of adhesive tapes. *Issues of Forensic Science*. 304, pp. 96-122.

Flick, U., 2006. *An introduction to qualitative research*. 3rd ed. Los Angeles, SAGE Publications, p 165.

Fonneløp, A.E., Johannessen, H., Egeland, T., Gill, P., 2016. Contamination during criminal investigation: Detecting police contamination and secondary DNA transfer from evidence bags. *Forensic Sci Int Genet*, 23, pp. 121-129.

Forensic Science Center Houston, 2019. Latent Print Section, Acid Yellow 7, Comparative & Analytical Division. Section Technical Leader, pp. 2-5.

Forensic Science Regulator Guidance, 2020. The Control and Avoidance of Contamination in Scene Examination involving DNA Evidence Recovery. *The Forensic Science Regulator*, pp. 12-23.

Foster + Freeman, 2023. PolyCyano UV. [Vörgumaterjal] Leitav: <https://fosterfreeman.com/polycyano-uv/> [Kasutatud 01.02.2023].

Gibson, W., Brown, A., 2009. *Working with qualitative data*. Los Angeles, New Delhi, London, Singapore, Washington DC, SAGE Publication, p 114.

Gill, P., 2016, Analysis and implications of the miscarriages of justice of Amanda Knox and Raffaele Sollecito. *Forensic Science International, Genetics*, pp. 9-18.

Hansson, O., Finnebraaten, M., Heitmann, I. K., Ramse, M., Bouzga, M., 2009. Trace DNA collection—Performance of minitape and three different swabs. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 2(1), pp. 189-190.



Hedman, J., Akel, Y., Jansson, L., Hedell, R., Wallmark, N., Forsberg, C., Ansell, R., 2021. Enhanced forensic DNA recovery with appropriate swabs and optimized swabbing technique. *Forensic Science International: Genetics*, 53(5).

Hefetz, I., Einot, N., Faerman, M., Horowitz M., Almog, J., 2019. Touch DNA: The effect of the deposition pressure on the quality of latent fingerprints and STR profiles. *Forensic Sci Int Genet*, 38, pp. 105-112.

In The Loop, 2022. New Powder Suspension Formula for Fingerprint Development on the Adhesive Side of Tape. [Võrgumaterjal] Leitav: <http://www.in-the-loop.net.au/fingerprints-adhesive-tape/> [Kasutatud 13.03.2023].

Justiitsministeerium, s.d. Kriminaalpoliitika põhialused aastani 2030 seletuskiri. [Võrgumaterjal] Leitav: [https://advokatuur.ee/uploads/files/Seletuskiri\(1\).pdf](https://advokatuur.ee/uploads/files/Seletuskiri(1).pdf) [Kasutatud 19.11.2021].

Johannessen, H., Gilla, P., Roseth, A., Fonnelløp, A.E., 2021. Determination of shedder status: A comparison of two methods involving cell counting in fingerprints and the DNA analysis of handheld tubes. *Forensic Science International: Genetics*, 53.

Kamphausen, T., Schadendorf, D., von Wurmb-Schwark, N., Bajanowski, T., Poetsch, M., 2012. Good shedder or bad shedder--the influence of skin diseases on forensic DNA analysis from epithelial abrasions. *Int J Legal Med*, 126(1), pp. 179-183.

Kanokwongnuwut, P., Kirkbride, K.P., Kobus, H., Linacre, A., 2017. Enhancement of fingerprints and visualizing DNA. *Forensic Science International*. 300, pp. 99-105.

Khuu, A., Chadwick, S., Moret, S., Spindler, X., Gunn, P., Roux, C., 2018. Impact of one-step luminescent cyanoacrylate treatment on subsequent DNA analysis. *Forensic Science International*, 286, pp. 1-7.

Kloosterman, A., Sjerps, M., Quak, A., 2014. Error rates in forensic DNA analysis: Definition, numbers, impact and communication. *Forensic Science International: Genetics*. 12, pp. 77-85.

- Kolb, B., 2008. *Marketing research: A practical approach*. London, SAGE Publications, p 142.
- Kumar, A., 2022. Two sample Z-test for Proportions: Formula & Examples. Data science, statistics. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://vitalflux.com/two-sample-z-test-for-proportions-formula-examples/> [Kasutatud 13.05.2023].
- Ladd, C., Adamowicz, M.S., Bourke, M.T., Scherzinger, C.A., Lee, H.C., 1999. A systematic analysis of secondary DNA transfer. *J Forensic Sci*; 44(6), pp. 1270- 1272.
- Li, K., Li, S., Yang, J., 2022. Optimum conditions and application of one-step fluorescent cyanoacrylate fuming method for fingerprint development based on PolyCyano UV. *Forensic Sci Res*, 7(3), pp. 550-559.
- Li, R. C., Harris, H. A., 2003. Using hydrophilic adhesive tape for collection of evidence for forensic DNA analysis. *Journal of Forensic Sciences*, 48(6), pp. 1318-1321.
- Lim, S., Subhani, Z., Daniel, B., Frascione, N., 2016. Touch DNA—The prospect of DNA profiles from cables. *Science & Justice*, 56(3), pp. 210-215.
- Lee, H.C., Gaensslen, R.E., Pagliaro, E.M., Guman M.B., Berka, K.M., Keith, T.P., Phipps, P., 1989. Effect of Presumptive Test, Latent Fingerprint and Some Other Reagents and Materials on Subsequent Serological Identification, Genetic Marker and DNA Testing in Bloodstains. *Journal of Forensic Identification*, 39(6), pp. 339-358.
- Lehepuu, A., 2012. Cooperation of Dactyloscopy and DNA Analysis. Master's Thesis. Amsterdam, University of Amsterdam, p. 49.
- Manoli, P., Antoniou, A., Bashiardes, E., Xenophontos, S., Photiades, M., Stribley, V., Mylona, M., Demetriou, C., Cariolou, M.A., 2016. Sex-specific age association with primary DNA transfer. *Int J Legal Med*, 130(1), pp. 103-112.
- Mei, E., 2022. Sõrmejäljeekspertiis. Rmt: *Eesti kohtuekspertiisi aja- ja aerngulugu 2008-2022*. Tallinn. KNT Meediad, lk 161-174.

Mei, E., 2013. Sõrmejäljeekspertiis. Rmt: *Kriminalistikaekspertiisid*. Tallinn. Paar OÜ., lk 31-54.

Medtechforensics, 2023. Ninhydrin, Premixed Liquid, Heptane-PE Based. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://medtechforensics.com/products/ninhydrin-premixed-liquid-heptane-pe-based> [Kasutatud 01.02.2023].

Motz, R. T., Tanksley, P., Liu, H., Mersha, T. B., & Barnes, J. C. 2019. Every contact leaves a trace: contact with the criminal justice system, life outcomes, and the intersection with genetics. *Current opinion in psychology*, 27, pp. 82-87.

Nontapirom, K., Bunakkharasawat, W., Sojikul, P., Panvisavas, N., 2019. Assessment and prevention of forensic DNA contamination in DNA profiling from latent fingerprint. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 7(1), pp. 546-548.

Pang B.C.M., Cheung B.K.K., 2007. Double swab technique for collecting touched evidence. *Legal Medicine*, 9 (4), pp. 181-184.

Pithon, A., Henrot, D., Nicolas, T., Jégou, J., 2012. A New Formulation of Acid Yellow 7 with an Ethanol/Water-Based System. *Canadian Society of Forensic Science Journal*. 45. pp. 6-13

Sadam, M., 2013. DNA-Ekspertiis. Rmt: *Kriminalistikaekspertiisid*. Tallinn. Paar OÜ., lk 55-124.

Scientific Analytical Tool, 2022. DNA stub. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://sat.ae/biology-dna/dna-collection-kit/dna-stub/> [Kasutatud 30.12.2022].

Sodhi, G.S., Kaur, J., 2017. Multimetal deposition method for detection of latent fingerprints: a review. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 7(17).

Sprinthall, R. C., 2014. 7. Statistics and Parameters. Rmt: *Basic Statistical Analysis*, 9th ed. Boston: Pearson Allyn & Bacon, pp. 155-182.

Tanner, K., 2002. Experimental research designs. In: R. Harvey & S. Ferguson, ed-s. *Research Methods for Students, Academics and Professionals: Information*

*Management and Systems*. Wagga Wagga, New South Wales: Centre for Information Studies, pp. 125.

Thamnurak, C., Wanasphon, B., Suda, R., Nathinee, P., 2011. DNA typing from fluorescent powder dusted latent *fingerprints* *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 3(1), pp e524-e525.

Tozzo, P., Mazzobel, E., Marcante, B., Delicati, A., Caenazzo, L., 2022. Touch DNA Sampling Methods: Efficacy Evaluation and Systematic Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(24), pp. 1-19.

Trozzi, T.A., Schwartz, R.L., Hollars, M.L., 2000. Processing Guide for Developing Latent Prints (2000). U.S. Department of Justice, pp. 24-25.

Van Hoofstat, D. E., Deforce, D. L., Hubert De Pauw I. P., Van den Eeckhout E. G., 1999. DNA typing of fingerprints using capillary electrophoresis - Effect of dactyloscopic powders. *Electrophoresis*, 20(14), pp. 2870-2876.

Van Oorschot, R.A.H., Jones, M.K., 1997. DNA fingerprints from fingerprints. *Nature*, 387, pp. 767-768.

Van Oorschot, R.A.H., Phelan, D. G., Scarfo, G. M., Holding, N. L., Cummins, M. J., 2003. Are you collecting all the available DNA from touched objects?, *International Congress Series*, 1239, pp. 803-807.

Van Oorschot, R.A.H., Ballantyne, K.N., Mitchell, R.J., 2010. Forensic trace DNA: a review. *Investig Genet*, 1(14), p 3.

Verdon, T.J., Mitchell, R.J., Van Oorschot, R.A.H., 2014. Evaluation of tapelifting as a collection method for touch DNA. *Forensic Science International: Genetics*, 8(1), pp. 179-186.

Wargacki, S.P., Lewis, L.A., Dadmun, M.D., 2007. Understanding the Chemistry of the Development of Latent Fingerprints by Superglue Fuming. *Journal of Forensic Sciences*, 52(5), pp. 1057-1062.

Wargacki, S.P., Lewis, L.A., Dadmun, M.D., 2008. Enhancing the Quality of Aged Latent Fingerprints Developed by Superglue Fuming: Loss and Replenishment of Initiator. *Journal of Forensic Sciences*, 53(5), pp. 1138-1144.

Wickenheiser, R.A., 2002. Trace DNA: A Review, Discussion of Theory, and Application of the Transfer of Trace Quantities of DNA Through Skin Contact. *Journal of Forensic Sciences*, 47(3), pp. 442-450.

Williamson, A.L., 2012. Touch DNA: Forensic Collection and Application to Investigations. *Journal of the Association for Crime Scene Reconstruction*, 18(1), pp. 1-5.

You, W., Zhao, Y-B., Xu, S-L., Tian, S-S., 2021. Visualization of latent fingermarks on fabric using multi-metal deposition (MMD)—A preliminary study. *Forensic Science International*, 327.

Zagorski, N., 2006. Profile of Alec J. Jeffreys. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(24), pp. 8918-8920.

## JOONISTE JA TABELITE LOETELU

Joonis 1. Vatitamponiga DNA-proovi võtmine (autori koostatud)	14
Joonis 2. DNA-stub (Scientific Analytical Tool, 2022)	15
Joonis 3. Kaitseriietus kontaminatsiooni vältimiseks (autori koostatud)	18
Joonis 4. CNA meetodikaga esile toodud sõrmejälgi purgi ümbrise detailil. Jäljele on tehtud BY40 töötlus. Foto on tehtud kasutades lainepikkust 450 nm ja filtrit 495 nm (BVDA 2023a)	20
Joonis 5. PC UV meetodikaga esiletoodud sõrmejäljed musta keraamilise plaadi peal. Jäljed fluoretseeruvad UV valguses (Foster + Freeman, 2023)	21
Joonis 6. Verised sõrmejäljed musta värvi klaasist objektil. Foto on tehtud kasutades külgvalgust (BVDA, 2023b)	22
Joonis 7. AY7 meetodikaga esiletoodud sõrmejäljed. Sõrmejäljed fluoretseeruvad rohelises valguses (BVDA, 2023b)	22
Joonis 8. SSP meetodikaga esiletoodud sõrmejäljed teibi liimipinnal. Foto tegemisel on kasutatud külgvalgust (In The Loop, 2022)	23
Joonis 9. WP meetodikaga esiletoodud sõrmejälgi läbipaistval teibil (BVDA, 2023c)	24
Joonis 10. Hõbedast värvi magnetpulbriga esiletoodud sõrmejäljed tassi peal (BVDA, 2023d)	25
Joonis 11. NH meetodikaga esiletoodud sõrmejäljed (Medtechforensics, 2023)	25
Joonis 12. DFO meetodikaga esiletoodud sõrmejälgi tavalises valguses (BVDA, 2023e)	26
Joonis 13. DFO meetodikaga esiletoodud sõrmejälgi kasutades valgusallikat 530 nm ja OG590 filtrit, Foster & Freeman (BVDA, 2023e)	26
Joonis 14. PD meetodikaga esiletoodud sõrmejälgi märkmiku paberilehel (BVDA, 2023f)	27
Joonis 15. GV meetodikaga esiletoodud sõrmejälgi teibil (BVDA, 2023g)	28
Joonis 16. AB meetodikaga esiletoodud verine kujunenud sõrmejälgi (BVDA, 2023h)	29
Joonis 17. MMD meetodikaga esiletoodud sõrmejälgi (Sodhi & Kaur, 2017)	30
Joonis 18. Foster + Freeman MVC3000/D3 liimaurukapp (autori koostatud)	33
Joonis 19. Tsüanoakrülaadi polümeerisatsiooni reaktsioon (Bumrah, 2017)	34

Joonis 20. Tsüanoakrülaatmetoodikaga esile toodud sõrmejäljed Petri tassil (autori koostatud)	34
Joonis 21. Liimiaurukapist võetud DNA-proovide asukohad (autori koostatud)	39
Joonis 22. Liimiaurukapis olevate Petri tasside asukohad (autori koostatud)	41
Joonis 23. Sõrmejälje reliifiga tempel (autori koostatud)	42
Joonis 24. Enne esiletoomist vasakul pool Petri tass, keskel foolium ning paremal kile (autori koostatud)	46
Joonis 25. Peale esiletoomist vasakul pool Petri tass, keskel foolium ning paremal kile (autori koostatud)	46
Joonis 26. Kõige sagedasemad objekti materjalid (vasakul) ja kõige sagedasemad objektid (paremal), millele tehti CNA töötus aastatel 2020-2021 ja millele oli määratud nii DNA- kui ka sõrmejäljeekspertiis (autori koostatud)	48
Joonis 27. Liimiaurukapi puhtus enne ja pärast erinevaid puhastusetappe (autori koostatud)	49
Joonis 28. UV kiirguse mõju DNA-kontsentratsioonile ja DNA-profiilis ilmsiks tulnud alleelide arvule (n=3) (autori koostatud)	50
Joonis 29. Jälje doonori ilmsiks tulnud alleelide protsent erineva vanusega puutejälgede puhul (autori koostatud)	54
Joonis 30. DNA-ekspertiisi tulemused – täisprofiilid, osalised profiilid ja kasutuskõlbmatud DNA-profiilid. Proovid on võetud „pimesi“ (vasakul) ja peale CNA töötlust (paremal) (autori koostatud)	56
Joonis 31. DNA-ekspertiisi tulemused – ühelt isikult pärinevad DNA-profiilid, segaprofiilid ja kasutuskõlbmatud tulemused. Proovid on võetud „pimesi“ (vasakul) ja peale CNA töötlust (paremal) (autori koostatud)	57
Joonis 32. DNA-ekspertiisi tulemused teibilt, kanistrilt ja kilekotilt võetud proovide korral. Joonistel on toodud täisprofiilide, osaliste DNA-profiilide ja kasutuskõlbmatute DNA-profiilide osakaalud „pimesi“ DNA-proove võttes ja peale CNA töötlust DNA-proove võttes (autori koostatud)	58
Tabel 1. Sõrmejälgede esiletoomise meetodikate mõju DNA-ekspertiisile (autori koostatud)	30

Tabel 2. Jäljed, mis toodi esile liimaurukapis MVC3000D3 (autori koostatud)	44
Tabel 3. Jäljed, mis toodi esile liimaurukapis MVCTM3000 (autori koostatud)	45
Tabel 4. Valideerimisel esile toodud sõrmejäljed (S) ja saadud DNA-profiilid (DNA) (autori koostatud)	52
Tabel 5. Ajafaktori mõju esile toodud sõrmejälgedele (S) ja DNA-profiilidele (DNA) (autori koostatud)	55
Tabel 6. Z-testi tulemused proportsioonide erinevuse statistilise olulisuse hindamiseks (autori koostatud)	58
Tabel 7. Z-testi tulemused proportsioonide erinevuse statistilise olulisuse hindamiseks (autori koostatud)	59