

Toni Tikkanen

Ilmastointiteippien vertailututkimukset - menetelmän kehitystä

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Laboratorioanalyttikko (AMK)
Laboratorioalan koulutusohjelma
Opinnäytetyö
15.1.2015

Tekijä Otsikko	Toni Tikkanen Ilmastointiteippien vertailututkimukset - menetelmän kehitystä
Sivumäärä Aika	45 sivua + 10 liitettä 15.1.2015
Tutkinto	Laboratorioanalyttikko (AMK)
Koulutusohjelma	Laboratorioala
Ohjaajat	Rikoskemisti Raija Turunen Yliopettaja Jukka Niiranen
<p>Opinnäytetyö tehtiin syksyllä 2014 Keskusrikospoliisin Rikosteknisen laboratorion hiukkas-tutkimukset-tutkimusalueelle. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää ilmastointiteippien vertailututkimuksissa käytettäviä menetelmiä. Teippien analysoinnin tärkeimmiksi vaiheiksi muodostuivat visuaalinen tarkastelu, poikkileikkaus ja FTIR-mittaukset.</p> <p>Visuaalisessa tarkastelussa katsotaan ensiksi teippien ulkoiset ominaisuudet. Teippien kalvojen kerrosrakenteiden selvittämiseksi kokeiltiin muutamaa poikkileikkausmenetelmää. Teippien tukilangoituksesta saatiin myös paljon informaatiota. Yksi tärkeä osa työtä oli selvittää, millä liuottimella teippien liimat saataisiin liuotettua niin, ettei teipin kalvo tai tukilangoitus vahingoittuisi. Tukilangoituksista selvitettiin mm. kudoksen malli, lankojen kier- tosuunta sekä ns. "scrimcount", jossa loimi- ja kudelangat laskettiin neliötuuman alueelta. Myös tukilangoituksesta löytyi eroavaisuuksia niin langoitusten malleissa kuin lankojen määrissä.</p> <p>Mikroskooppisessa tarkastelussa tärkeimmäksi työkaluksi muodostui teipin kalvon poikki- leikkauksen tarkastelu. Tutkituista teipeistä huomattiin, että kalvorakenne vaihtelee suures- ti yhdestä kalvosta kolmeen kalvoon. Kalvojen paksuudet vaihtelivat 40 - 200 µm.</p> <p>FTIR-mittaukset suoritettiin teipin kalvosta, liimasta ja tukilangoituksesta. Suurimmat erot mittauksissa syntyivät teippien liimojen välillä. Kalvot kaikissa teipeissä olivat polyeteeniä ja kuidut polyesteriä.</p> <p>Menetelmän tärkeimmiksi vaiheiksi muodostuivat visuaalinen tarkastelu, poikkileikkaus ja liiman FTIR-mittaus. Menetelmän kehityksen lopputuloksena tutkittujen teippien osalta voidaan sanoa, että kaikki tutkitut teipit eroavat toisistaan.</p>	
Avainsanat	vertailututkimus, ilmastointiteippi, poikkileikkaus, FTIR

Author Title	Toni Tikkanen Duct tape as trace evidence - Method development
Number of Pages Date	45 pages + 10 appendices 15 January 2015
Degree	Bachelor of Laboratory Sciences
Degree Programme	Laboratory Sciences
Instructors	Raija Turunen, Forensic Chemist Jukka Niiranen, Senior Lecturer
<p>The thesis was conducted in the Trace Evidence working group of the Forensic Laboratory of the National Bureau of Investigation in the autumn 2014. The objective of the thesis was to develop methods used in comparative examinations of duct tape. Visual inspection, cross-section and FTIR measurements proved to be the most important steps in tape analysis.</p> <p>At visual inspection, the first aspect to examine are external features. To determine the layer structure of duct tape backings, a few cross-sectional methods were tested. Tape reinforcement fabric also gave much information. One important part of the thesis project was to find out at what solvent can be used to dissolve tape adhesive without damaging the backing or the reinforcement fabric. Weave pattern, twist of a yarn and scrim count, which is count of warp and weft yarns per square inch, were determined of reinforcement fabric. Also in reinforcement fabrics there were differences between weave patterns and amount of yarns.</p> <p>At microscopic inspection, the most important tool proved to be a cross-section from the duct tape's backing. It was found that the layer structure of the examined tapes varied a lot, from one to three layers. Thickness of these backings varied between 40 and 200 μm.</p> <p>FTIR measurements were performed on the tape's backing, adhesive and reinforcement fabric. The biggest differences between measurements were found between tape adhesives. The backings of all tapes were polyethylene, and the reinforcement fabrics were polyester.</p> <p>The most important steps in the method development were visual inspection, cross-section and FTIR measurement of the adhesive. It can be concluded from the results of the method development project that all the examined duct tapes are different.</p>	
Keywords	comparative examination, duct tape, cross-section, FTIR

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Teipit	2
2.1	Irrotinkerros	3
2.2	Kalvo	3
2.3	Liiman pohjustinkerros	4
2.4	Tukilangoitus	4
2.5	Liima	6
3	Ilmastointiteippien tutkimusmenetelmät	7
3.1	Teippikääröjen avaaminen	7
3.2	Visuaalinen tarkastelu	8
3.3	Kalvon poikkileikkaus	9
3.3.1	Asetaattikalvon käyttö	10
3.3.2	Laminointikalvon käyttö	10
3.3.3	Jäähdytyksen käyttö	10
3.3.4	Poikkileikkauspreparaatin valmistus	11
3.4	Tukilangoituksen tutkiminen	12
3.5	Fluoresenssimikroskopia	14
3.6	Polarisaatiomikroskopia	16
3.7	FTIR-spektroskopia	17
3.7.1	Mikroskooppi-FTIR	19
3.7.2	ATR-tekniikka	24
4	Vertailututkimuksen vaiheet	26
5	Tulokset	28
5.1	Teippikääröjen avaaminen	28
5.2	Ulkoiset ominaisuudet	28
5.3	Poikkileikkaus	30
5.3.1	Poikkileikkauksen valmistus	30
5.3.2	Kalvojen kerrosrakenne	31
5.3.3	Kalvojen paksuudet	33
5.3.4	Muuta huomioitavaa	34

5.4	Tukilangoitus	34
5.4.1	Liuottimen vaikutus liuotustulokseen	34
5.4.2	Kudeluku ja -malli	35
5.5	FTIR-mittaukset	37
5.5.1	Liimojen IR-spektrit	37
5.5.2	Kalvojen IR-spektrit	39
5.5.3	Kalvojen ATR-spektrit	40
5.5.4	Kuitujen IR-spektrit	41
5.6	Polarisaatio- ja fluoresenssimittaukset	42
6	Loppupäätelmät	43
	Lähteet	44
	Liitteet	
	Liite 1. Visuaalinen tarkastelu	
	Liite 2. Kalvojen poikkileikkauskuvat	
	Liite 3. Tukilangoituksen malli ja kudelu	
	Liite 4. Liimojen IR-spektrit	
	Liite 5. Kalvojen IR-spektrit	
	Liite 6. Kuitujen IR-spektrit	
	Liite 7. Kalvojen ATR-spektrit	
	Liite 8. Liimojen fluoresenssi ja polarisaatio	
	Liite 9. Kalvojen fluoresenssi ja polarisaatio	
	Liite 10. Tulosten yhteenveto	

Lyhenteet

ATR	<i>Attenuated total reflectance</i> , vaimennettu kokonaisheijastus
DGTS	<i>Deuterated triglycine sulfate</i> , deuteroitu triglysiinisulfaatti, IR-spektrometreissä käytetty detektori
FTIR	<i>Fourier transform infrared spectroscopy</i> , fourier infrapunaspektroskopia
MCT	<i>Mercury cadmium telluride</i> , elohopeakadmiumtelluri, mikroskooppi-FTIR-laitteissa käytetty detektori
NR	<i>Natural rubber</i> , luonnonkumi
PE	<i>Polyethylene</i> , polyeteeni
PET	<i>Polyethylene terephthalate/Polyester</i> , polyetyleenitereftalaatti/polyesteri
PSA	<i>Pressure sensitive adhesive</i> , paineherkkä liima
Py-GC/MS	<i>Pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry</i> , pyrolyysi-kaasukromatografia-massaspektometri
SBS	<i>Styrene-butadiene-styrene</i> , styreeni-butadieeni-styreeni kopolymeeri, teippien liimoissa käytetty yhdiste
SEM/EDS	<i>Scanning electron microscope / energy-dispersive X-ray spectroscopy</i> , pyyhkäisyelektronimikroskooppi / energiadiispersiivinen röntgenspektroskopia
SIS	<i>Styrene-isoprene-styrene</i> , styreeni-isopreeni-styreeni kopolymeeri, teippien liimoissa käytetty yhdiste
XRD	<i>X-ray diffraction</i> , röntgendiffraktio

1 Johdanto

Opinnäytetyö suoritettiin Keskusrikospoliisin Rikosteknisessä laboratoriossa Vantaalla syksyllä 2014, kun hiukkastutkimukset-tutkimusalueella haluttiin kehittää ilmastointiteippien analysointimenetelmiä. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi prosessit, joilla ilmastointiteippejä voidaan analysoida laboratoriossa.

Ilmastointiteippien tutkimukset ovat niin sanottuja vertailututkimuksia, joissa haetaan rikosnäytteestä (esim. huumepakkaus) irrotetun ilmastointiteippipalan ja mahdollisen epäillyn tekijän hallusta löydetyin ilmastointiteippirullan välistä yhteyttä. Tai etsitään kahden teipinpalasen yhteyttä esimerkiksi murtopaikalta löydetyistä palasta ja epäillyn tekovälineen ympärille sidotusta palasta. Joskus laboratorioon tulleissa pyynnöissä pyydetään materiaalitutkimusta, jolloin tulee selvittää, minkälaisesta ilmastointiteipistä on kyse. Teipeistä kootaan teippikokoelmaa, jonka laajentuessa tulevaisuudessa teipit pystytään mahdollisesti jäljittämään teipin valmistajaan asti.

Ilmastointiteippien analysointi jakautuu kolmeen alueeseen. Ensimmäiseksi teipit avataan kääroistä niin, että ne eivät vahingoitu. Seuraavaksi suoritetaan visuaalinen tarkastelu ja poikkileikkaus. Lopuksi teipeistä mitataan IR-mittaukset.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan 18 ilmastointiteippiä. Näistä teipeistä 6 on otettu vertailukokoelmasta ns. vanhoina teippeinä ja 12 teippiä on uusia. Kaikki teipit käyvät läpi saman menetelmäprosessin, jossa niiden ominaisuudet selvitetään perinpohjaisesti.

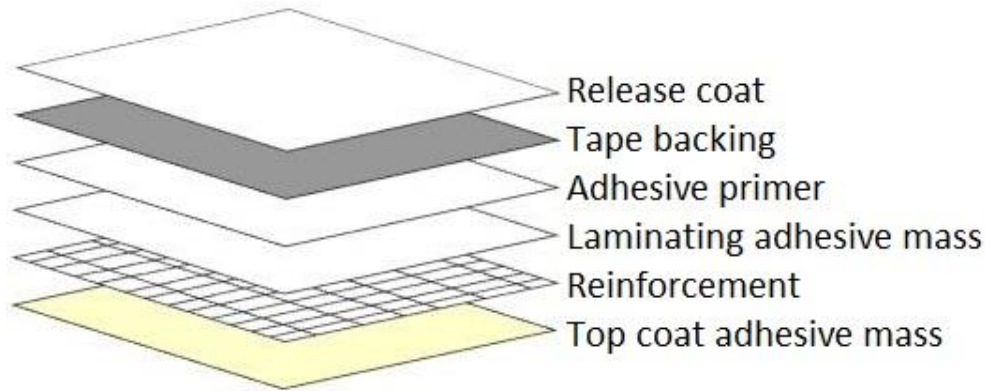
2 Teipit

Ilmastointiteipit kuuluvat ns. PSA-teippeihin, jotka omaavat niin sanotun paineherkän liiman. Paineherkät liimat ovat kuivana huoneenlämmössä voimakkaasti ja pysyvästi tarttuvia, eivätkä ne tarvitse liuotinta tai lämmitystä tarttuakseen. Tämän ansioista ne tarttuvat helposti erilaisiin pintoihin kuten sormella tai kädellä painamalla paperiin, muoviin, lasiin tai metalliin [1]. Paineherkät liimat ylläpitävät tasapainoa adheesion ja koheesion välillä. Adheesiolla tarkoitetaan liiman yhdessä pitävää voimaa ulkopuoliseen lähteeseen ja koheesiolla liiman sisäisten komponenttien välistä yhdessä pitävää voimaa [2].

Vaikka teippejä on useita laatuja, vain osa niistä päätyy rikoslaboratorioihin analysoitavaksi. Näistä yleisimmät ovat ilmastointi-, sähkö- ja pakkausteipit. Rikollisuudessa teipeille löytyy paljon erilaisia käyttökohteita. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi kidnappaustilanteissa ihmisten hallintaan sitomalla uhri ja peittämällä uhrin silmät. Niitä voidaan käyttää myös omatekoisten räjähteiden valmistamisessa tai huumepakettien paketoinnissa. [3, s. 291.]

Teipeistä löytyy eroja. Nopeimmin erot voidaan huomata tarkastelemalla niitä paljain silmin. Teippien värisävyt tai liimojen värit voivat olla erilaisia. Värin lisäksi teippien leveydet voivat vaihdella suuresti. Myös saman valmistajan eri teippierien välillä voi löytyä eroja johtuen valmistusprosessissa mahdollisesti tapahtuvista muutoksista. [3, s. 292 - 293.]

Teippien mikroskooppisessa tarkastelussa saadaan lisää tietoa teippien erilaisuudesta. Teippien rakenne voidaan jakaa eri kerroksiin ja niitä löytyy hyvin yksinkertaisista kerrosrakenteista ja liimoista hyvin monipuolisiin ratkaisuihin. Kuvassa 1 on kuvattu yleisesti teipeille tyypilliset kerrokset. Kaikissa teipeissä ei esiinny kuvan kaikkia kerroksia. [3, s. 293.]



Kuva 1. PSA-teipeissä esiintyvät kalvorakenteet [3, s. 295]

Ensimmäisenä kerroksena on irrotinkerros (release coat). Toisena kerroksena on kalvo (backing). Kolmantena kerroksena on liiman pohjustinkerros (adhesive primer). Neljännä kerroksena on laminoiva liimakerros (laminating adhesive mass), joka löytyy teipeistä, joissa ei ole tukilangoitusta. Viidentenä kerroksena on tukilangoitus (reinforcement) ja kuudentena kerroksena liima (top coat adhesive mass) [3, s. 296]. Kappaleissa 2.1 - 2.5 käydään kerrosten ominaisuudet tarkemmin läpi.

2.1 Irrotinkerros

Irrotinkerroksen tehtävänä on vähentää jännitettä teippirullassa liiman ja kalvon välillä, kun teippiä rullataan pois rullasta. Yleisimpiä irrotinkerroksen materiaaleja ovat siloksaanit, karbamaatit, akrylaatit, polyeteeni ja polyvinyyliaasettaatti. Irrotinkerros on vaikea erottaa analyysiin sen ohuuden takia. [3, s. 294.]

2.2 Kalvo

Kalvo antaa suojaa liimalle. Se voi olla tehty kankaasta (lääketeippi), paperista (maalairinteippi), polyeteenistä (ilmastointiteippi), selluloosa-asetaatista (toimistoteippi), polypropeenista (pakkausteippi), polyesteristä (side- ja kuituteippi) tai polyvinyylidikloridista (sähköteippi). [3, s. 296.]

Kun teipin kalvo on värillinen tai läpinäkymätön, siihen on voitu lisätä esimerkiksi väriaineita, täyteaineita, niin kutsuttuja cross-linker -aineita, pehmentimiä, stabilointiaineita ja palonestoaineita. Yleisimmät väriaineet sisältävät alumiinipulveria, hiilimustaa, titaanidioksidia, rautaoksideja ja pigmenttejä. Fenolit tai isosyanaatit voivat toimia cross-linker -aineina ja sinkkioksidi voi toimia niiden tukena. Lyijykarbonaatti on UV-säteilyn estäjä ja antimonioksidit palonestoaine. Täyteaineita, kuten kalsiumkarbonaatti, talkki ja dolomiitti voi löytyä joidenkin teippien kalvoista. Myös kirkkaiden teippien kalvoissa on täyteaineita, mutta nämä näkyvät vain polarisaatiolla. [4, s. 4 - 5.]

Yleisin ilmastointiteippien väri on harmaa, mutta myös erivärisiä löytyy. Harmaiden ilmastointiteippien väri syntyy alumiinipulverista, jota on lisätty kalvoon. Ilmastointiteippien kalvoista saattaa löytyä myös muita täyteaineita, kuten talkkia. Ilmastointiteippien kalvojen materiaalina käytetty polyeteeni (PE) on tarpeeksi joustavaa, niin ettei ylimääräisiä pehennysaineita tarvita. [3, s. 299 - 300; 5, s. 2.]

2.3 Liiman pohjustinkerros

Mikäli liima ei kiinnity hyvin kalvoon tai tukilangoitukseen, voidaan käyttää pohjustinkerrosta. Tämä kerros liimautuu hyvin niin kalvoon kuin liimaan, ja näin teippi saadaan pysymään koossa. Pohjustinkerroksen materiaaleina voidaan käyttää nitrilikumeja, kloorattuja hiilivetyjä, polyeteeniä, polypropeenia tai näiden yhdisteiden seoksia ja kopolymeereja. [3, s. 296.]

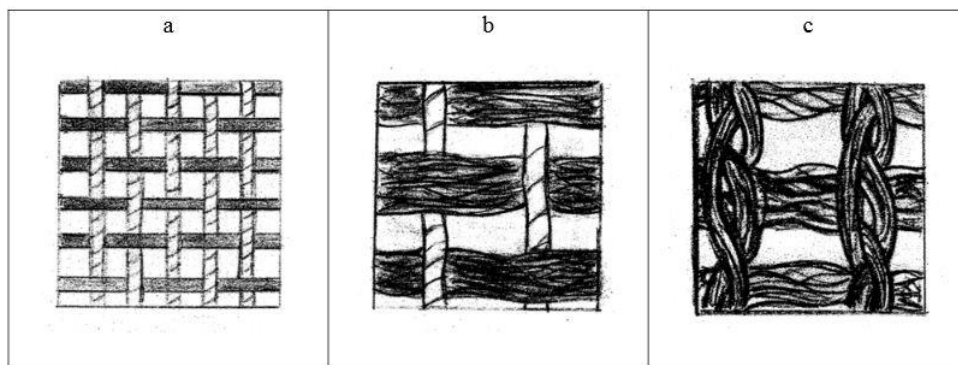
2.4 Tukilangoitus

Ilmastointiteipissä tukilangoitus on löysästi kudottu punos. Sideteipeissä tukilangoitus taas on valmistettu niin, että se kulkee riveinä pitkittäin koneen suuntaan. Tukilangoitus voi olla valmistettu lasikuidusta, nylonista tai polyesteristä. Ilmastointiteipeissä tukilangoitus voi olla myös polyesterin ja puuvillan sekoitusta. [3, s. 296; 302.]

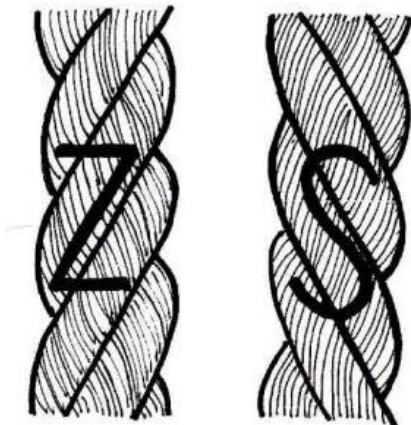
Ilmastointiteipin tukilangoitukselle tyypillisiä ominaisuuksia on kudelukku, kudemalli ja kudelankojen kiertosuunta. Ilmastointiteipeissä yleisin kudelukku on 18/9, mutta tämä voi vaihdella suuresti aina 45/25 asti. Kudeluvussa ensimmäisenä merkitään loimilankojen eli teipin pituussuunnassa menevien lankojen määrä tuumalla ja seuraavaksi

kudelankojen eli teipin poikittaissuunnassa menevien lankojen määrä tuumalla. Kudeluku lasketaan siis neliötuuman alueelta. Jotta tukilangoitusta voidaan tutkia, pitää teipin liima liuottaa pois [3, s. 300 - 302; 5, s. 2 - 3]. Kappaleessa 3.7 käydään läpi liuotusprosessi.

Tukilangoitukselle löytyy kaksi pääryhmää, ns. basket weave- ja weft insertion -mallit. Basket weave -mallissa (kuva 2, kohdat a ja b) loimi- ja kudelangat menevät vuoronperään toistensa yli ja ali. Weft insertion -mallissa (kuva 2, kohta c) loimilangoista on kudottu löysä kudot, jossa kudelangat menevät silmukoiden välistä. Lankaniput voivat myös kiertyä Z- tai S-suuntiin (kuva 3) tai olla kiertymättä, jolloin se on yksi erottava tekijä kudemallien vertailussa. Basket weave -mallille on yleistä, että loimilangat kiertyvät ja kudelangat eivät. Joskus kummatkin langat kiertyvät tai kummatkaan eivät kierry. Weft inserion -mallissa yleisimmin kumpikaan lanka ei kierry, mutta tästäkin voi löytyä poikkeuksia. [3, s. 302 - 303; 4, s. 5; 5, s. 2 - 3.]



Kuva 2. Tukilangoituksen kudemallit: a, b kuvaa ns. Basket weave -mallia ja c kuvaa ns. weft insertion -mallia [6, s. 26].



Kuva 3. Lankaniput voivat kiertyä Z- tai S-suuntiin [3, s. 304].

2.5 Liima

Kuvassa 1 esiintyvä laminoiva liimakerros kuuluu samaan kategoriaan kuin alin liimakerros. Se esiintyy sellaisilla teipeillä, joilla ei ole tukilangoitusta rakenteessaan eli esimerkiksi sähköteipeillä.

Liima voi olla muodostunut yhdestä tai useammasta aineosasta. Yhdestä aineosasta valmistetut liimat ovat yleensä akryylipohjaisia, mutta myös silikonipohjaisia esiintyy. Monikomponenttiset liimat koostuvat yleensä elastomeerien seoksista ja hartseista, jotka tekevät liiman tahmeammaksi. Tämä seos voidaan valmistaa hyvin monimutkaiseksi lisäämällä siihen täyteaineita, stabilointiaineita ja jatkoaineita. [3, s. 296, 298; 4, s. 4; 5, s. 3.]

Ilmastointiteippien liimat muodostuvat yleensä eri elastomeerien seoksista. Yleisimmät käytettävistä elastomeereista ovat luonnonkumi (NR) eli polyisopreeni sekä kopolymeerit styreeni-butadieeni-styreeni (SBS) ja styreeni-isopreeni-styreeni (SIS). Näiden kopolymeerien vahvuus on se, että styreeni antaa kopolymeerille vahvuutta ja butadieeni/isopreeni joustavuutta. Ilmastointiteippien liimat saadaan tahmeammiksi lisäämällä niihin alifaattisia viiden hiilen hiilivety-yhdisteitä. Täyteaineina ilmastointiteippien liimoista löytyy mm. kalsiittia (kalsiumkarbonaatti), dolomiittia (kalsiummagnesiumkarbonaatti), kaoliinia (alumiinisilikaatti), rutiilia (titaanidioksidi) sekä talkkia (magnesiumsilikaatti). Täyteaineiden tehtävä on vähentää liimojen valmistuskustannuksia vaikuttamatta liiman ominaisuuksiin. Täyteaineita lisäämällä saadaan liimamassan määrää pienennettyä. [3, s. 298 - 300; 4, s. 4 - 5; 5, s. 3.]

3 Ilmastointiteippien tutkimusmenetelmät

3.1 Teippikääröjen avaaminen

Ajoittain ilmastointiteipit tulevat laboratorioon teippikääröinä, jotka on avattava ennen tutkimusten aloittamista. Teippikääröt voivat olla esim. huumepaketin ympäriltä taltioituja teipinpalasia. Kääröjen avaaminen tulee tehdä siksi, että teipistä saataisiin mitattua leveys sekä leikattua hyvät palat analyysejä varten. Teippikääröjen avaamisen haasteena on, että teippien liimat ovat tarttuneet toisiinsa. Liimojen tarttuessa toisiinsa muodostuu niin vahva sidos, ettei teippejä saa erotettua repimällä toisistaan venyttämättä tai rikkomatta polyeteenikalvoa. Pinsetit ja veitsi ovat hyviä työkaluja teippikääröjen selvittelyssä.

Irrottamisen tukena kokeiltiin lämmityksen ja jäähdytyksen käyttöä. Lämmitys suoritettiin lämpökaapissa. Teippikäärö asetettiin lämpökaappiin tiettyyn lämpötilaan ja annettiin olla sen siellä vähän aikaa (ei kirjattu ylös). Lämmityksen jälkeen kokeiltiin, miten teippikäärön avaaminen onnistui. Lämmitys toistettiin eri lämpötiloilla (ei kirjattu ylös).

Jäähdytyksessä kokeiltiin nestemäisen typen ja kylmäsprayn vaikutusta teippikääröjen avaukseen. Riippuen teippikäärön koosta se voidaan upottaa kokonaan tai osaksi typpeen. Teipin annettiin jäähtyä työssä maksimissaan 10 sekuntia riippuen siitä kuinka jäätyneeksi se haluttiin. Mitä kauemmin teippi on työssä, sitä enemmän se jäätyy tiettyyn pisteeseen asti. Kylmäspraytä kokeiltiin suihkuttamalla sitä suoraan käärön kohtaan, joka haluttiin avata. Jäähdyttämisen jälkeen käärö avattiin ja tarkasteltiin, irtosivatko teipit toisistaan paremmin jäähdytyksen avulla vai ilman.

Kolmannessa tavassa teippikääröjen avaamisen apuna voidaan käyttää liuottimia. Liuottimien käyttöä ei kuitenkaan kokeiltu tässä opinnäytetyössä. Tässä tavassa liuotinta (esim. metanoli) lisätään ruiskulla pieni määrä teippikäärön kohtaan, joka halutaan avata. Annetaan liuottimen vaikuttaa hetki, jonka jälkeen yritetään taas avata kääröä niin kuin edellisissä lämmityksessä ja jäähdytyksessä.

3.2 Visuaalinen tarkastelu

Visuaalinen tarkastelu on ensimmäinen menetelmä teippien vertailututkimuksissa. Visuaalisella tarkastelulla saadaan nopeimmin selville erot eri ilmastointiteippien välillä. Siinä selvitetään teipin leveys, kalvon pintarakenne sekä kalvon ja liiman väri. Tukilangoituksen mallin ja kudluvun sekä poikkileikkauksesta kalvon kerrosrakenteen ja paksuuden tutkiminen voidaan myös katsoa visuaaliseksi tarkasteluksi, mutta ne käsitellään omina menetelminään. Visuaalisessa tarkastelussa käytetään työvälineinä pääasiassa paljasta silmää ja stereomikroskooppia (kuva 4).



Kuva 4. Leica MZ9.5 -stereomikroskooppi

Visuaalisessa tarkastelussa ensimmäiseksi mitattiin teipin leveys viivoittimella, minkä jälkeen katsottiin kalvon ja liiman väri. Joidenkin teippien pintarakenteessa on pyöreitä painaumia, jotka huomioitiin visuaalisessa tarkastelussa. Tämän jälkeen teippirullasta leikattiin veitsellä pala teipin koko leveydeltä lasimaljaan.

Mikäli kyseessä on näyteteipin pala esim. huumepaketista, teipistä leikataan pieni pala kohdasta, joka ei häiritse mahdollisia jatkotutkimuksia. Teipin repäisynta ei saa muuttua. Tällaiset rikospaikalta taltioidut näyteteipit yleensä käyvät sormenjälkitutkimuksissa ennen kuin saapuvat hiukkastutkimuksiin. Tällöin teipit ovat sormenjälkipulverin peitossa, joten niistä etsitään sellainen kohta, jossa pulveria on mahdollisimman vähän. Jos teippi on hyvin likainen, sitä voidaan yrittää puhdistaa ensin vedellä kostutetulla paperilla ja sen jälkeen etanolilla.

3.3 Kalvon poikkileikkaus

Väriaineet on yleensä lisätty yhteen kalvon kerrokseen. Poikkileikkauksella saadaan kalvorakenne näkyviin ja selville, kuinka väriaineet ovat sijoittuneet kalvossa, sekä myös mahdolliset muut täyteaineet [3, s. 300]. Poikkileikkauksesta saadaan myös mitattua kalvon paksuus, joka tyypillisesti vaihtelee 35 - 100 μm eri teipeillä. [3, s. 297.]

Teipin kalvo erotettiin liimasta ja tukilangasta joko mekaanisesti tai liuotinta apuna käyttäen pinsettien ja veitsen avulla (kuva 5, kohdat 1 ja 3). Teippien koostumuksesta ja iästä johtuen eri teipit käyttäytyvät eri lailla ja näin ollen toinen teippi on helpompi käsitellä liuottimella kuin toinen. Toisen teipin kalvo lähtee irti liimasta mekaanisesti pinsettien ja veitsen avulla helpommin kuin toisen. Kun kalvo oli saatu irti liimasta, kalvosta tehtiin poikkileikkaus. Teipin kalvon poikkileikkaukseen löytyy muutama tapa, joita tässä opinnäytetyössä kokeiltiin. Kappaleissa 3.3.1 - 3.3.3 käsitellään eri poikkileikkaustavat, joita kokeiltiin, ja kappaleessa 3.3.4 kerrotaan, kuinka poikkileikkauspreparaatti valmistetaan.



Kuva 5. Työvälineet ilmastointiteippien esikäsitelyssä: 1. pinsetit 2. metallirulla 3. veitsi 4. partaterä 5. ruuvipenkki 6. preparaattilasit 7. peitinlasit

3.3.1 Asetaattikalvon käyttö

Ensimmäinen tapa on asetaattikalvon käyttö. Teipin kalvosta leikattiin pieni pala (noin 3 × 3 mm) ja asetaattikalvosta kaksi sopivan kokoista palaa (noin 1,5 × 1,5 cm). Seuraavaksi toisen asetaattikalvon palan päälle tiputettiin pisara asetonia. Teipin kalvosta leikattu pala asetettiin pisaraan, minkä jälkeen toinen kalvo nostettiin pisaran päälle ja asetaattikalvot litistettiin voimakkaasti yhteen esimerkiksi veitsen kahvapuolta apuna käyttäen. Asetaattikalvo pehmenee asetonin vaikutuksesta ja puristettaessa kalvoja yhteen teipin pala jäi tiiviisti kalvojen väliin. Tämän jälkeen asetaattikalvosta leikattiin ylimääräinen osa pois niin että teipin kalvo tuli näkyviin asetaattikalvojen välistä ja valmistettiin poikkileikkauspreparaatti.

3.3.2 Laminointikalvon käyttö

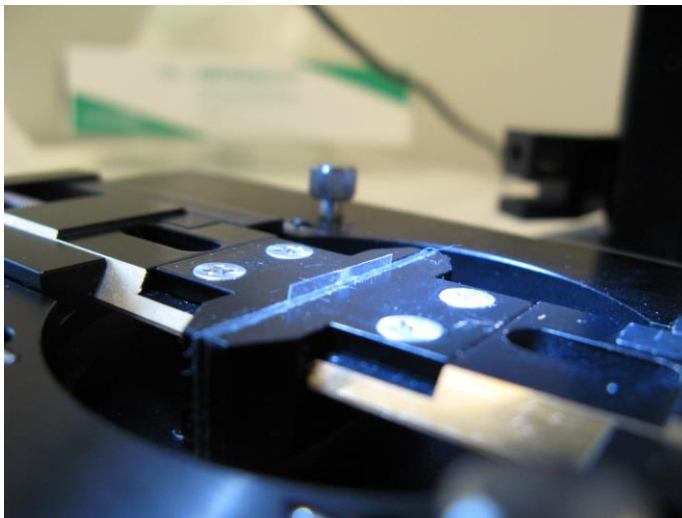
Toinen tapa poikkileikkauksen tekoon on laminointi. Kalvon pala (3 × 3 mm) asetettiin laminointikalvojen väliin ja ajettiin laminointikoneen läpi. Laminointikalvolle mahtuu monta näytettä samaan aikaan, joten tutkimuksissa olevat teipit voidaan laminoida samaan aikaan. Kuten asetaattikalvon käytössä, ylimääräinen laminointikalvo leikattiin pois, jotta teipin kalvo saatiin näkyviin ja suoritettiin poikkileikkauspreparaatin teko.

3.3.3 Jäähdytyksen käyttö

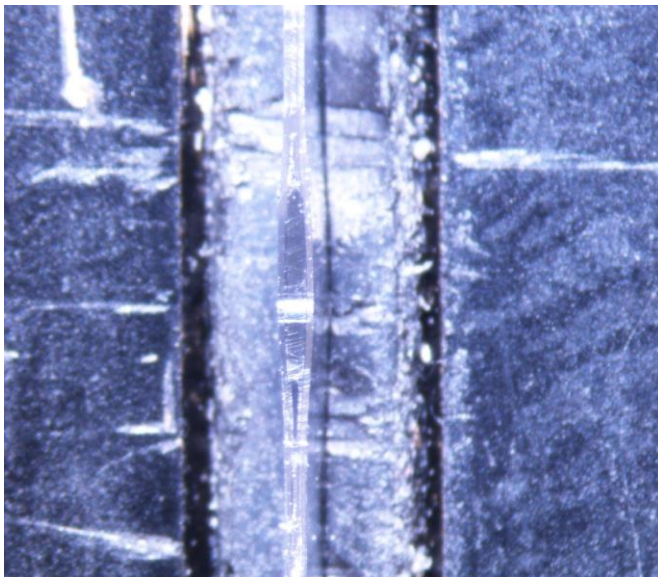
Kolmas tapa poikkileikkauksen valmistamiseen on jäähdytyksen käyttö. Poiketen edellisistä menetelmistä, tässä tavassa teipin kalvosta leikattiin isompi pala (1 × 1 cm) poikkileikkauksen tekemiseen. Ensiksi teipin kalvon pala jäähdytettiin nestemäisellä typellä tai suihkuttamalla sitä kylmäsprayllä, minkä jälkeen se asetettiin kahden preparaattilasin väliin niin, että kalvon sivu tuli hieman yli preparaattilasien (kuva 5, kohta 6) reunasta. Tämän jälkeen preparaattilasit puristettiin yhteen ruuvipenkillä ja valmistettiin poikkileikkauspreparaatti. [7.]

3.3.4 Poikkileikkauspreparaatin valmistus

Poikkileikkausnäytteiden leikkaus suoritettiin partaterällä (kuva 5, kohta 4), jotta leikkausjäljestä tulisi mahdollisimman suora. Kahdessa ensimmäisessä poikkileikkaustavassa litistetty näyte voidaan asettaa ruuvipenkin väliin (kuva 5, kohta 5), jolloin leikkaus on helppo tehdä mikroskoopin alla näytteen ollessa pystysuoraan ylöspäin (kuvat 6 ja 7). Näin leikkausjäljestä saadaan mahdollisimman ohut. Poikkileikkausta voidaan myös litistää rullalla (kuva 5, numero 2), jotta mahdolliset kalvot erottuisivat paremmin toisistaan.

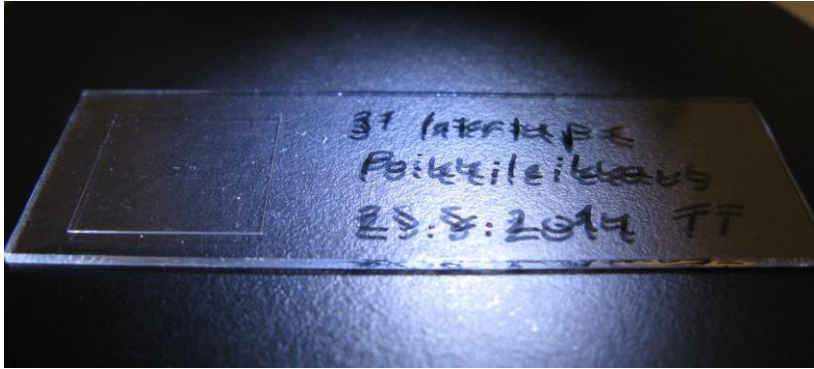


Kuva 6. Laminoitu kalvon pala kiinnitettynä ruuvipenkkiin



Kuva 7. Laminoitu kalvon pala kiinnitettynä ruuvipenkkiin, 8x suurennos

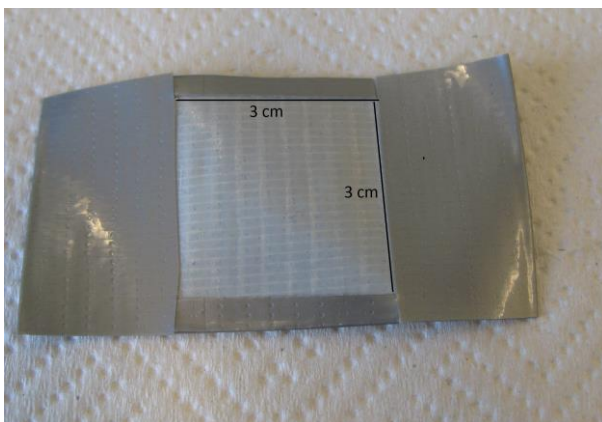
Lopuksi poikkileikkauksista tehtiin lasipreparaatti (kuva 8). Preparaattilas (kuva 5, kohta 6) päälle tiputettiin pieni pisara glyserolia ja poikkileikkaus asetettiin glyseroliin poikittain, niin että mahdollinen kerrosrakenne osoitti ylöspäin. Lopuksi glyserolitipan päälle laitettiin peitinlasi (kuva 5, kohta 7). Poikkileikkaukset tutkittiin lopuksi valomikroskoopilla, johon oli liitettynä polarisaatio- ja fluoresenssiominaisuudet.



Kuva 8. Poikkileikkauspreparaatti

3.4 Tukilangoituksen tutkiminen

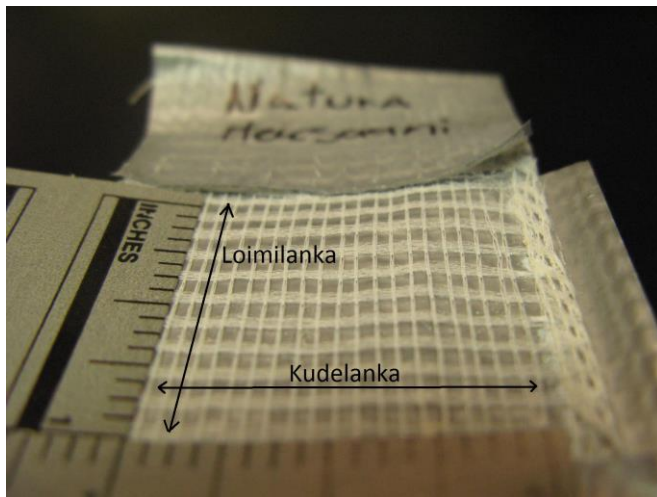
Kuderakenteen selvittämiseksi ensimmäisenä poistettiin teipin liima niin, että kalvo tai tukikuidut eivät vahingoittuisi. Työssä kokeiltiin kolmea eri liuotinta: heksaania, lakka-bensiiniä ja asetonia. Teipistä taiteltiin muotti, jossa oli noin 3 x 3 cm aukko keskellä (kuva 9). Tällä varmistettiin, että langoitus pysyi paikallaan ja säilytti muotonsa liuotuksen aikana. Taitokset estivät liuottimen pääsyn kosketuksiin muun liiman kanssa, muuten langoitus irtoaisi kokonaan teipistä.



Kuva 9. Teippitaitos ennen liuottamista

Tämän jälkeen muoviasiaan lisättiin asetonia, heksaania tai lakkabensiiniä ja teipinpa-la asetettiin liuottimen sekaan. Teippiä liuotettiin astiassa niin kauan (1 - 5 min), että liima oli liuennut hyvin. Joidenkin liimojen kohdalla käytettiin apuna ultraäänihaudetta, jolloin liima saatiin liuotettua paremmin ja nopeammin. Astiaa liikuteltiin hauteessa sopivan aikaa, esimerkiksi 3 min ja tämän jälkeen tarkistettiin, onko tulos toivottava.

Kun teipin liima saatiin liuotettua ja tulokseen oltiin tyytyväisiä, teipin annettiin kuivua hetki. Seuraavaksi teippi kuvattiin mitta-asteikon kanssa, jotta loimi- ja kudelankojen laskeminen kuvasta olisi mahdollisimman helppoa. Mikäli teipistä ei saada leikattua neliötuuman kokoista aluetta, kudelu voidaan laskea pienemmältä alueelta, jos näin sovitaan. Kuvassa 10 näkyy lopputulos liuottamisen jälkeen.



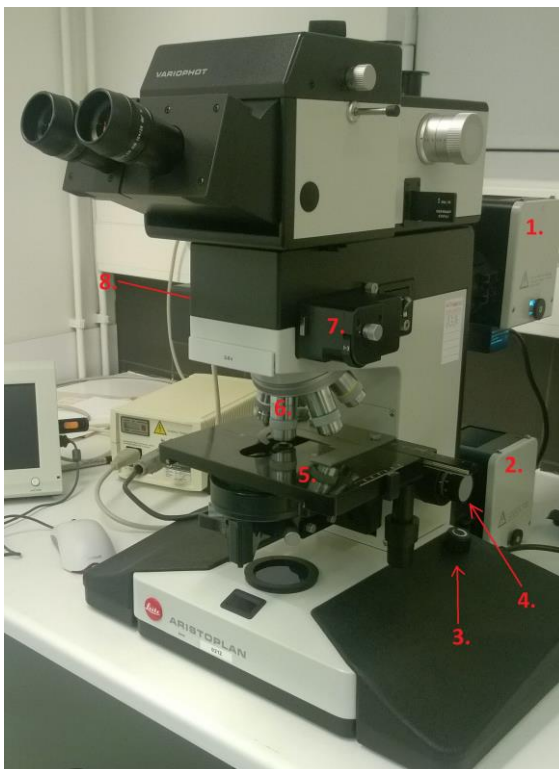
Kuva 10. Teippitaitos liuottamisen jälkeen, Natura-teippi liuotettu heksaanilla

Seuraavaksi teipistä selvitettiin ns. "scrimcount" eli kudelu, joka kertoo loimilankojen määrän kerrottuna kudelankojen määrällä neliötuuman alueelta. Samasta liuotetusta teippinäytteestä selvitettiin stereomikroskoopilla, miten kudus oli kudottu tai kiertyivätkö lankaniput tiettyyn suuntaan.

3.5 Fluoresenssimikroskopia

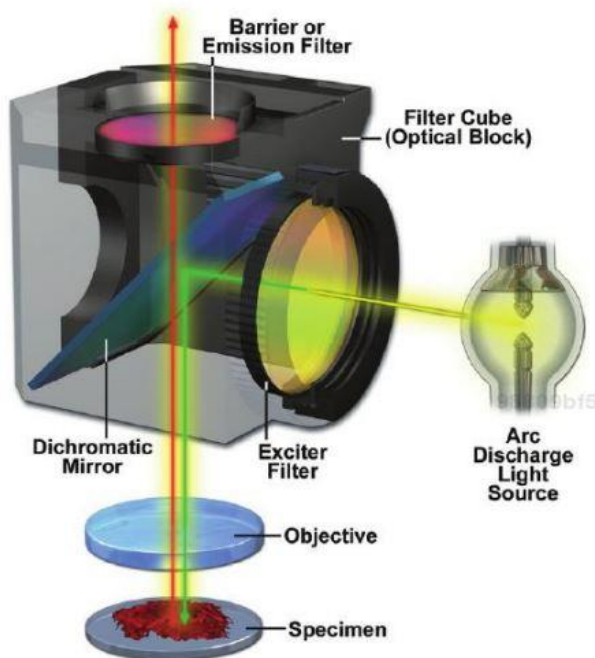
Fluoresenssilla tarkoitetaan ilmiötä, jossa aine emittoi fotoneja. Aineen atomien tai molekyylien elektronit ovat virittyneet hetkellisesti ulkoisen lähteen säteilyn vaikutuksesta. Kun fluoresoiva molekyyli absorboi fotonin oikealla aallonpituudella, sen elektroni virittyy ja palaa lähes heti takaisin perustilalle. Virittymisen purkautuessa absorboitu energia voi ilmentyä fluoresoivana fotonina. Tapahtumassa häviää energiaa, joten emittoituva valofotoni ilmenee pidemmällä aallonpituudella kuin absorboitu fotoni. [8, s. 202; 9, s. 408.]

Fluoresenssimikroskopiassa tarkastellaan näytteen emittoimaa valoa. Fluoresenssimikroskopiassa käytettävä mikroskooppi voi olla ns. yhdistelmämicroskooppi, jossa on valomikroskoopin optiikka lisätynä fluoresenssi- ja polarisaatio-ominaisuuksilla (kuva 11). Fluoresenssimittauksessa säteilylähteeltä, elohopealamppu (kuva 11, kohta 1), lähetetty säteily ohjataan fluoresenssisuotimen (kuva 11, kohta 7) läpi näytteeseen ja siitä okulaarille.



Kuva 11. Leica Aristoplan yhdistelmävalomikroskooppi: 1. Elohopealamppu 2. Halogeenilamppu 3. Halogeenilampun valotehon säädin 4. Tarkkuuden säädin 5. Näytepöytä 6. Objektiivit 7. Fluoresenssisuodinkelkka 8. Polarisaatiosuodin (ei näy kuvassa)

Fluoresenssimittauksissa säteilylähteen pitää tuottaa säteilyä oikealla aallonpituudella ja hyvällä intensiteetillä, jotta fluoresenssi voidaan ilmentää tehokkaasti. Eloho-pealamppua käytetään yleisesti tähän tarkoitukseen, koska se pystyy tuottamaan valoa laajalla aallonpituusalueella (400 - 700 nm). Fluoresenssisuotimella (kuva 12) valo osuu ensiksi viritinsuodattimelle, jolla suodatetaan halutun aallonpituuden valo. Tämän jälkeen on dikromaattinen peili, joka toimii säteenjakajana ja ohjaa valon näytteeseen. Tämän jälkeen näytteen emittoima valo siirtyy emissiosuodattimen läpi okulaarille. Emissiosuodattimen tehtävä on estää muun kuin emissiovalon pääsy okulaarille. [17, s. 218 - 221]. Kuvan 11 mikroskoopin fluoresenssisuodinkelkkaan mahtuu kolme suodinta.



Kuva 12. Fluoresenssisuotimen rakenne [8, s. 219]

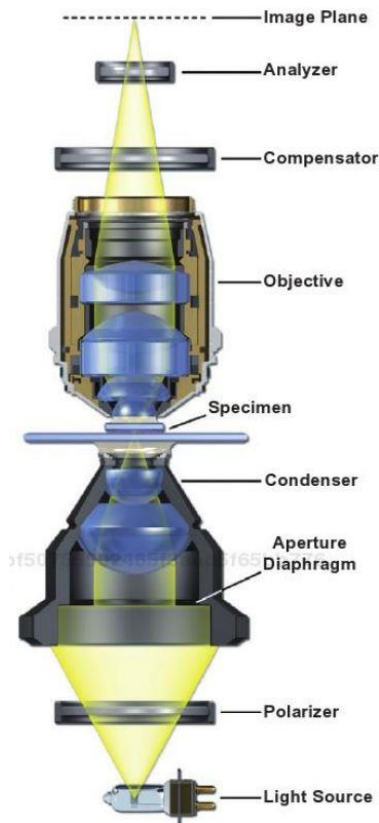
Ilmastointiteippien vertailututkimuksissa fluoresenssimikroskoopilla voidaan tutkia teippien kalvoa, liimaa ja tukilangoituksen kuituja. Fluoresenssitutkimus tukee ja täydentää ennen kaikkea FTIR-mittausten tuloksia. Fluoresenssitutkimukset suoritetaan KBr-tabletin päältä samoille näytteille, jotka on mitattu ensin FTIR:llä.

3.6 Polarisatiomikroskopia

Valon säteily on poikittaista aaltoliikettä, joka värähtelee kohtisuoraan etenemissuuntaansa nähden. Luonnollisen valon värähtely tapahtuu kaikkiin suuntiin. Polarisoidulla valolla tarkoitetaan tilannetta, jossa luonnollisesta valosta saadaan eristettyä suodattimien eli ns. polarisaattorien avulla tiettyyn suuntaan värähtelevä säteily. Polarisattorin rakojen suuntaisesti värähtelevä säteilyn intensiteetti pienenee hieman, kun se läpäisee polarisaattorin. Osa poikittaisesti polarisaattorille tulevasta säteilystä pääsee läpi ja osa estetään. Kohtisuoraan polarisaattoria nähden värähtelevä säteily estetään täysin. [10, s. 7, 23 - 24.]

Tutkittaessa aineen polarisaatiota tutkitaan sen kahtaistaitavuusominaisuutta. Aine taittaa valoa tiettyyn suuntaan atomirakenteensa perusteella eli aineella on tietty optinen akseli. Kun kahtaistaitavan näytteen läpi menee valoa, valo jakautuu hitaan ja nopean akselin säteiksi, joilla on eri taitekertoimet. Tämä johtuu siitä, että näytteen optisen akselin ja valon säteiden suunnat eroavat toisistaan. Joillakin aineilla (amorfiset aineet) ei ole selvää atomirakennetta, joten valo kulkee aineen läpi muuttumatta eikä näin ollen polarisaatiota tapahdu. Kahtaistaitavuuskertoimella tarkoitetaan hitaan ja nopean akselin taitekertoimien erotusta. [8, s. 142 - 148.]

Polarisatiomikroskopiassa tutkittava näyte asetetaan kahden polarisaattorin väliin (kuva 13). Polarisatiomikroskoopissa ensimmäinen polarisaattori on sijoitettu valolähteen ja kondensatorin väliin. Toinen polarisaattori (analyysaattori) löytyy objektiivin jälkeen ennen okulaareja. Polarisattorit on asetettu kohtisuoraan toisiinsa nähden. Polarisatiomikroskoopissa tulee myös olla kierrettävä näytepöytä tai toisen polarisaattorin on pystyttävä kiertymään. Näytettä kiertämällä tai polarisoidun valon kulmaa muuttamalla voidaan tutkia paremmin näytteen rakennetta [8, s. 155 - 157]. Kuvan 11 yhdistelmä-mikroskoopissa ylempi polarisaattori (kuva 11, kohta 8) liu'utetaan paikoilleen, kun näytettä tutkitaan polarisaatiolla. Yhdistelmä-mikroskoopin näytepöytä pysyy paikoillaan ja alemmaa polarisaattoria voidaan pyörittää.



Kuva 13. Polarisaatiomikroskoopin rakenne [8, s. 155]

Kuten fluoresenssissa, ilmastointiteippien polarisaatiota voidaan tutkia kalvolle, liimalle ja kuidulle. Koska polarisaatio ja fluoresenssi tutkitaan samalla mikroskoopilla, tutkimusten suorittaminen on nopeaa ja helppoa.

3.7 FTIR-spektroskopia

FTIR-spektroskopiassa (*Fourier transform infrared*) mitataan näytteen läpi kulkevan säteilyn intensiteettiä. IR-säteily on lämpösäteilyä, joka saa absorboituessaan näytteeseen siinä olevien molekyylien väliset sidokset värähtelemään (venytys- ja taivutusvärähtely). Molekyylin väliset sidokset ovat jatkuvassa liikkeessä ja omaavat niille ominaisen taajuuden. IR-säteily voi absorboitua näytteeseen vain silloin, kun säteen ja molekyylin välisten sidosten taajuudet vastaavat toisiaan. IR-spektri muodostuu, kun näytteen läpi kulkeman IR-säteilyn intensiteetti ilmennetään aaltoluvun funktiona. IR-säteilyn aallonpituusalue on $7,8 \times 10^{-7}$ m:stä noin 10^{-4} m:iin. Tämä alue käsittää lähi-, keski- ja kauko-IR-alueet (taulukko 1). IR-mittauksissa käytetään tyypillisesti IR-aluetta $4000 \text{ cm}^{-1} - 400 \text{ cm}^{-1}$. [11. s, 90 - 91; 12, s. 437 - 438.]

Taulukko 1. IR-säteilyn aaltolukualueet [13, s. 24]

IR-alue	Aaltolukualue (cm ⁻¹)
Lähi (<i>near</i>)	13000 - 4000
Keski (<i>middle</i>)	4000 - 400
Kauko (<i>far</i>)	<400

Ilmastointiteoppien FTIR-analyysissä voidaan tutkia teipin kalvoa, liimaa ja tukilangoitusta. FTIR-analyysillä voidaan tunnistaa kalvon, liiman ja tukilangoituksen kuitujen materiaalit sekä kalvon ja liiman orgaanisia ja epäorgaanisia täyteaineita. FTIR-analyysin heikkoutena, varsinkin liimojen mittauksessa, ovat vahvasti absorboivat epäorgaaniset yhdisteet, jotka peittävät muiden yhdisteiden piikkejä IR-spektrissä. [3, s. 320.]

Kalvojen ja kuitujen materiaalit pystytään tunnistamaan vertaamalla niitä kaupallisiin referenssispektreihin, mikä onnistuu helposti kirjastovertailulla FTIR:n mittausohjelmassa (OPUS). Koska ilmastointiteoppien liimat saattavat koostua monesta eri komponentista, kirjastovertailua ei voida suoraan soveltaa tähän tarkoitukseen. Liiman IR-spektreistä voi olla hyvin vaikea saada suoraan selville, mitä komponentteja siihen on käytetty, joten niitä joudutaan tarkastelemaan visuaalisesti. Taulukkoon 2 on koottu liimoille tyypillisten yhdisteiden ilmentyminen IR-spektrissä.

Taulukko 2. Ilmastointiteoppien liimoille tyypillisten yhdisteiden piikkien esiintyvyys IR-spektrissä [3, s. 320]

Yhdiste	Piikkien aaltoluvut IR-spektrissä
Luonnonkumi (NR)	1660, 1450, 1370, 835
Polyterpentiini	1450, 1370, 835
Styreeni-isopreeni kumi (SIS)	1450, 1370, 890, 835, 760, 700
Styreeni-butadieeni kumi (SBS)	1498, 1450, 966, 910, 760, 700
Polybutadieeni kumi	1450, 1309, 995, 910
Polybutyyliakrylaatti	1735, 1455, 1380, 1245, 1165
Polyvinyylidikloridi	1430, 1330, 1255, 1095, 960, 690, 635
Dioktyyliftalaatti (DOP)	1730, 1600, 1580, 1460, 1380, 1275, 1123, 1075, 745
Kalsiitti (kalsiumkarbonaatti)	1470 - 1430, 875
Kaoliini (alumiinisilikaatti)	3620, 1030, 1007, 912
Rutiili (titaanidioksidi)	800 - 450
Talkki (magnesiumsilikaatti)	1015, 670

Ilmastointiteippien FTIR-analyysi kaikille komponenteille suoritetaan mikroskooppi-FTIR -laitteiston avulla. Kalvojen ja kuitujen mittauksessa voidaan käyttää myös ATR-tekniikkaa. FTIR-mittaustekniikat käydään läpi yksityiskohtaisemmin seuraavissa kappaleissa.

3.7.1 Mikroskooppi-FTIR

Mikroskooppi-FTIR -laitteisto koostuu IR-penkistä ja mikroskoopista. Rikosteknisessä laboratoriossa laitteistoon kuuluu Brukerin Tensor 27 -spektrometri ja Hyperion 2000 -mikroskooppi (kuva 14). FTIR-mikroskoopissa detektoreina toimivat kaksi MCT (*Mercury cadmium telluride*) -detektoria, broadband (laajakaista) 4000 cm^{-1} - 450 cm^{-1} ja narrowband (kapeakaista) 4000 cm^{-1} - 780 cm^{-1} . Tensor 27 -spektrometrissä on oma DGTS (*Deuterated triglycine sulfates*) -detektori. MCT-detektorit vaativat toimiakseen nestetyypijäädityksen. Mikroskoopissa on kolme objektiivia 4x, 14x ja 20x (ATR) -suurennoilla. [14.]

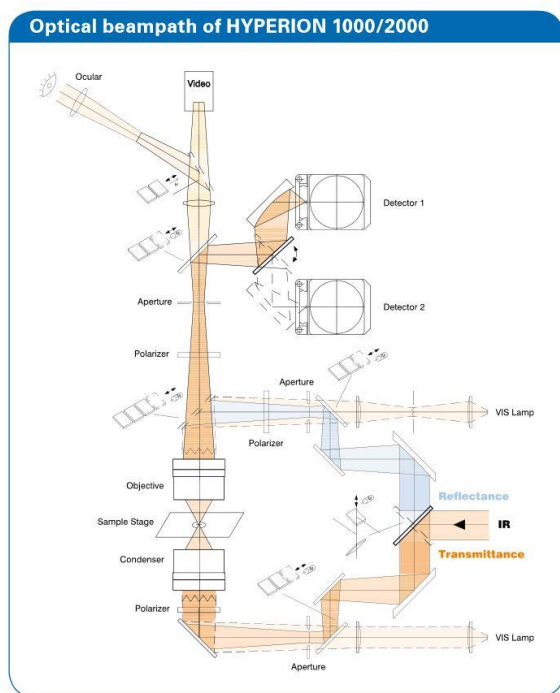


1. Valotehonsäätökiekkö
2. Valotensäätövipu
3. Valotehonnäyttö
4. Näytepöytä
5. Kondensorinsäätö
6. IR-painike
7. Näkyvänvalon-painike
8. IR/näkyvävalo-painike
9. Reflektanssi-painike
10. Transmittanssi-painike
11. Laitteen toimintavalmius
12. Penkki
13. Tarkkuudensäätö
14. LED-näytön virtapainike
15. Objektiivit
16. ATR LED-valo
17. Nestetyypen täyttöaukko
18. MCT-detektori

Kuva 14. FTIR-mikroskoopin osat

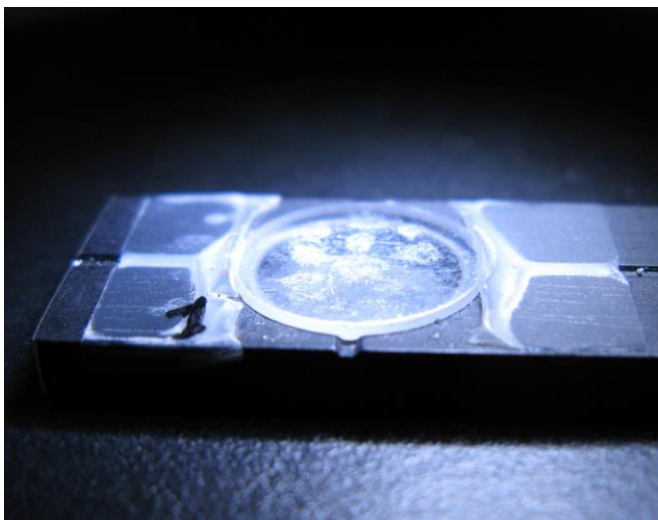
Ilmastointiteippien analyysissä käytetään broadband-detektoria, koska se kestää suuremman määrän IR-säteilyä ylikyllästymättä kuin narrowband-detektori ja koska sen mitta-alue on laajempi. Narrowband-detektori on herkempi, ja sitä käytetään silloin, kun tutkittua näytettä ei saada mitattua Broadband-detektorilla (IR-säteilyn vaste liian pieni). Broadband-detektori on myös nopeampi, mikä sopii paremmin silloin, kun näyttemäärät ovat suuret. [15.]

Mittaukset FTIR-mikroskoopilla voidaan suorittaa kahdella tavalla, läpivalo- eli transmittanssimittauksella tai heijastus- eli reflektanssimittauksella. Näytteet mitataan kaliumbromiditabletin päältä mikroskoopin näytepöydältä (kuva 14, kohta 4). Transmittanssimittauksessa spektrometrillä tuotettu IR-säde ohjataan peilien avulla näytteen alta, minkä jälkeen se menee näytteen läpi ja ohjataan detektorille (kuva 15). Transmittanssimittauksessa näytteen tulee olla niin ohut, että säde pääsee siitä läpi, ja tästä johtuen näytteen esikäsittely voi osoittautua haasteelliseksi. Reflektanssimittauksessa IR-säde ohjataan näytteen päältä näytteeseen ja siitä heijastunut säteily detektorille (kuva 15). Reflektanssimittaus soveltuu huokoisille pinnoille, jotka heijastavat hyvin IR-säteilyä. Transmittanssimittaukseen käytetään enemmän, koska sillä saadaan säännöllisesti paremmat IR-spektrit kuin reflektanssimittauksella [16; 17]. Ilmastointiteippien analyysissä käytetään transmittanssimittaukseen.

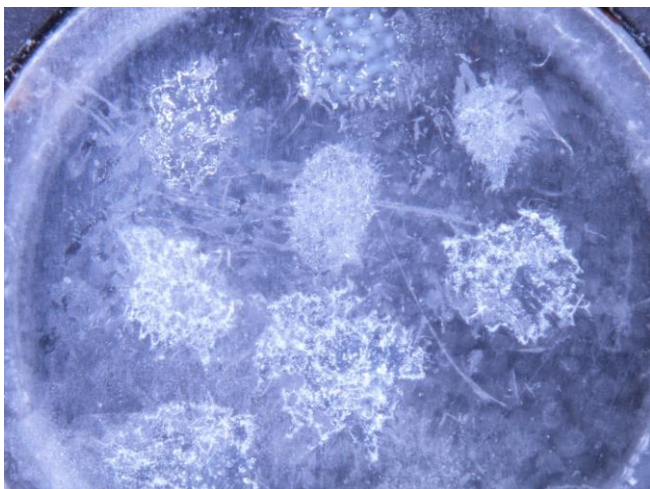


Kuva 15. Bruker Hyperion 2000 -mikroskoopin optiikan rakenne [18]

Mikroskooppi-FTIR -mittaukset suoritettiin ilmastointiteippien liimoille, kalvoille ja tukilangoituksille. Kalvoista mitattiin myös ATR-spektrit. Ilmastointiteippien liimojen mittauksessa pieni määrä liimaa levitettiin veitsellä KBr-tabletin päälle mikroskoopin alla (kuvat 16 ja 17). Tässä vaiheessa tulee olla erityisen tarkka, jottei veitsellä vaurioita KBr-tabletin pintaa. Liimakerroksesta tulee saada mahdollisimman ohut, jotta IR-säde pääsee kulkeutumaan sen läpi. Näytteen IR-spektristä saadaan sitä parempi, mitä ohuempi liimakerros on.



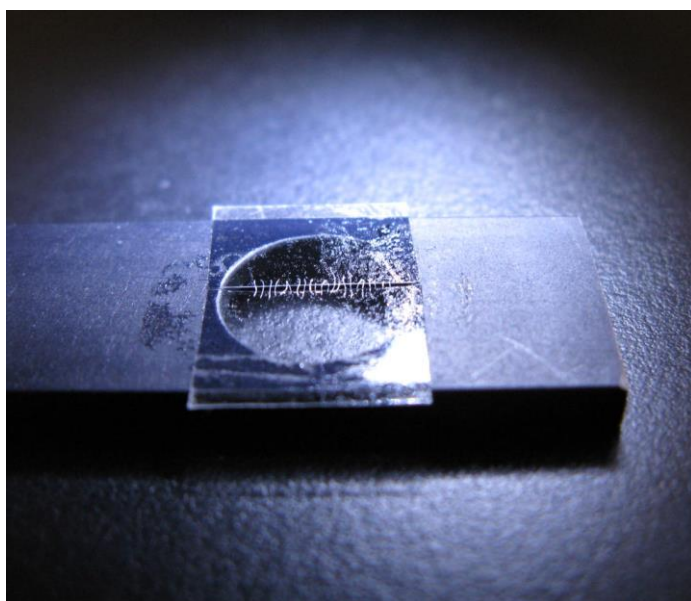
Kuva 16. KBr-tabletti, jonka päälle on levitetty kahdeksan teipin liimat



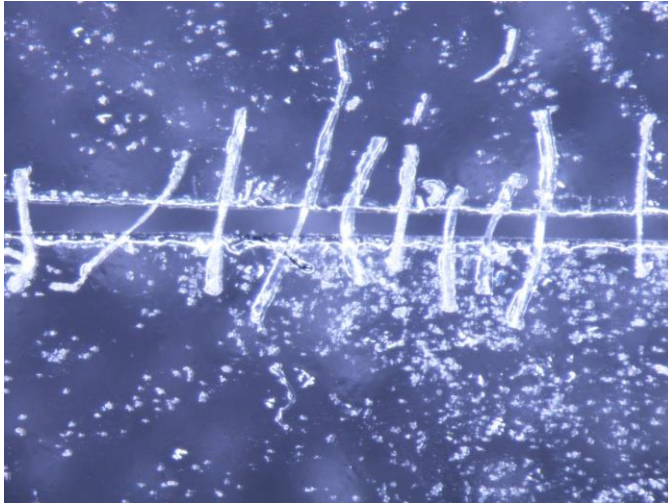
Kuva 17. KBr-tabletti, minkä päälle on levitetty kahdeksan teipin liimat, 8x suurennos

Kalvojen mittauksessa teipin päältä irrotettiin terävällä veitsellä tai partaterällä pieni pala kalvoa niin ohuelti, että teipin liimaa ei tullut mukaan. Tämän jälkeen kalvosiru litistettiin ohueksi metallirullalla (kuva 5, kohta 2) karkean lasilevyn päällä ja siirrettiin KBr-tabletin päälle. Litistettäessä kalvo muuttuu koveraksi ja sen saaminen KBr-tabletin päälle suoraksi on hankalaa. Näin ollen mitä pienempi pala saadaan litistettyä, sitä paremmat tulokset saadaan.

Kuitumittauksissa loimi- ja kudelangasta mitattiin yksi kuitu. KBr-tablettipidikkeeseen rakennettiin kaksipuolisesta teipistä kuiduille sopiva mittausalusta. Mittausalustalla teipit teipattiin niin, että ympyrän keskelle jää tyhjä kohta, josta sitten kuidun IR-spektri mitattiin (kuvat 18 ja 19). Kuiduista leikattiin sopivan pituinen pala karkealle lasilevylle, jonka päällä ne litistettiin metallirullalla (kuva 5, kohta 2). Litistetty kuitu asetettiin alustalle niin, että kuidun keskiosa jäi ilmaa vasten (kuva 19). Kuitumittauksissa on tärkeää muistaa säätää IR-säteen signaali oikein sille korkeudelle, josta kuidut mitataan. Tauspektri mitattiin ilmaa vasten mittauskorkeudelta.

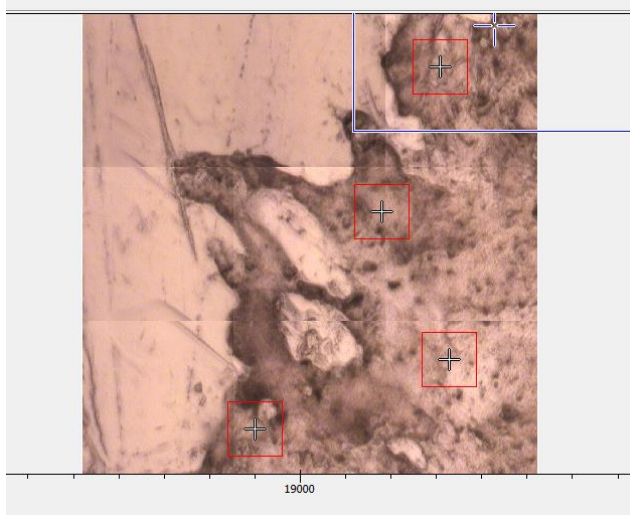


Kuva 18. Kuitumittausten mittausalusta

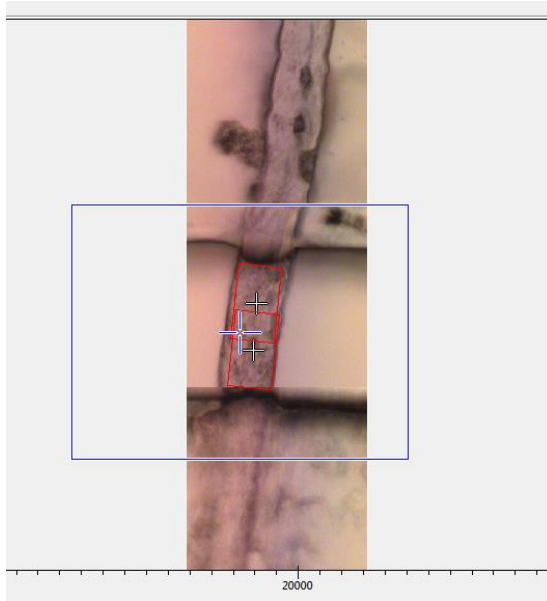


Kuva 19. Kuitumittausten mittausalusta, 14x suurennos

Ennen mittauksia MCT-detektorit täytettiin nestetyypellä ja annettiin stabiloitua n. 20 - 30 min. Mittausten alussa tarkistettiin laitteen energia eli amplitudi OPUS-ohjelmassa ja säädettiin se mikroskoopin kondensorin avulla maksimiin (kuva 14, kohta 5). Mikrokooppisessa FTIR-mittauksessa samasta näytteestä voidaan mitata IR-spektri useasta kohtaa saman mittauksen aikana (kuva 20). Liimojen ja kalvojen mittauksessa mittausaukon kokona käytettiin $60 \times 60 \mu\text{m}$ ja skannausten lukumäärä oli 60. Kuitumittauksissa aukon kokona käytettiin kuidun paksuuden mukaan sitä aukkokokoa, joka sopi kuidulle (kuva 21). Kun aukkokokoa pienennettiin, skannausten määrää nostettiin esim. 100 skannaukseen.



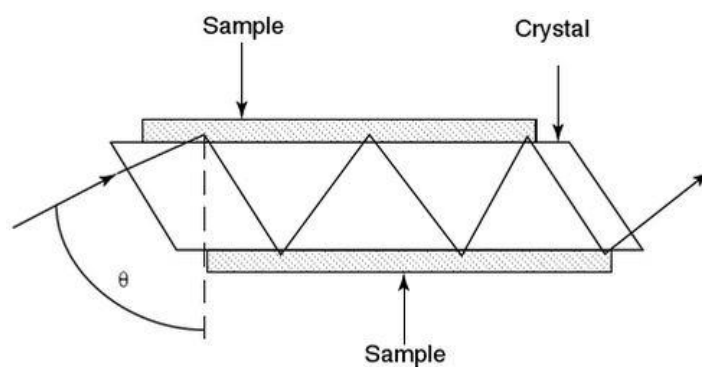
Kuva 20. Liimojen mittaus OPUS-ohjelmistolla



Kuva 21. Kuitujen mittaus OPUS-ohjelmistolla

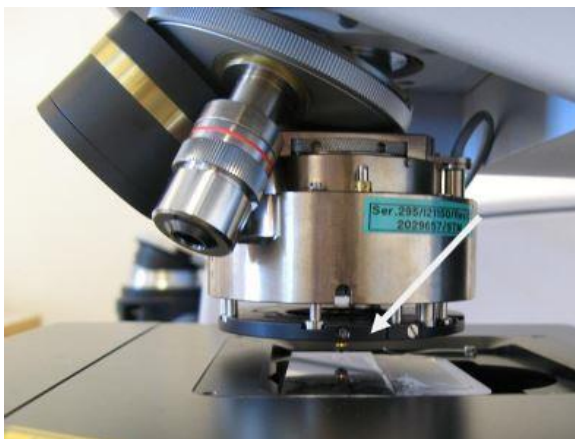
3.7.2 ATR-tekniikka

ATR-tekniikka (*Attenuated total reflectance*) on ns. pinta-analyttinen tekniikka, jossa mitataan IR-säteen kokonaisheijastusta ATR-kiteen ja näytteen välillä (kuva 22). ATR-kiteet ovat rakenteeltaan veteen heikosti liukoisia katkaistuja prismoja, ja niiden taitekerroin on suuri. Yleisimpiä ATR-kiteiden materiaaleja ovat thalliumjodidi (KRS-5), sinkkiselenidi (ZnSe) ja germanium (Ge). IR-säteen tunkeutumisen syvyyteen näytteen vaikuttavia asioita ovat aallonpituus, kiteen taitekerroin, näytteen taitekerroin ja säteen kulma kiteessä. [13, s. 33 - 34; 11, s. 102.]



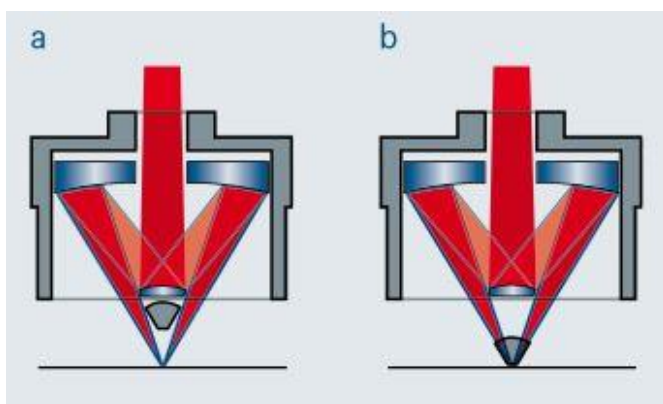
Kuva 22. IR-säteen heijastuminen ATR-kiteessä [13. s. 34]

Hyperion 2000 -mikroskoopin ATR-objektiivissa (kuva 14, kohta 15; kuva 23) on germanium-kide. Germaniumin vahvuus verrattuna muihin materiaaleihin on sen liukeneettomuus veteen tai orgaanisiin liuottimiin sekä se, että se ei ole myrkyllinen kuten KRS-5. Sen heikkoutena taas on sen toiminta-alue $5000 - 550 \text{ cm}^{-1}$ eli se soveltuu vain keski-IR-alueen mittauksiin. Germanium-kide on myös rakenteeltaan hyvin heikko, joten mittauksissa tulee olla erityisen tarkka, ettei kide rikkoonnu [13, s. 34]. Kuvan 23 nuoli osoittaa ATR-objektiivin kideä.



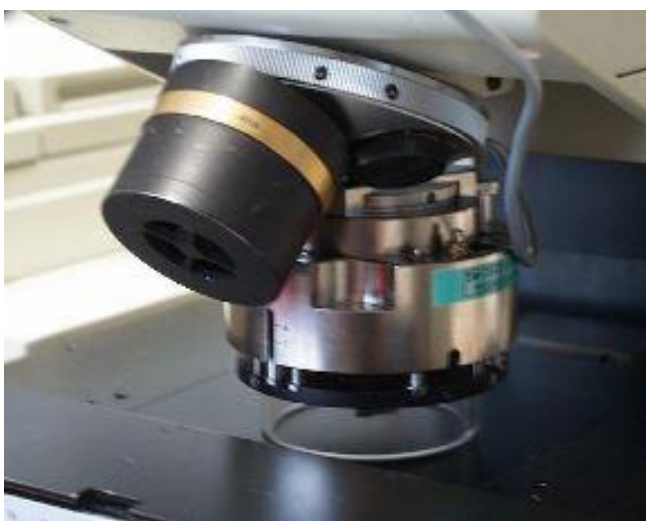
Kuva 23. FTIR-mikroskoopin ATR-objektiivin alas laskettuna [19, s. 19]

ATR-objektiivin toimintaperiaate on yksinkertainen (kuva 24). ATR-kiteen ollessa ylhäällä objektiivi toimii 20x mikroskooppiobjektiivinä. Tämä mahdollistaa näytteen tarkastelun okulaarien läpi, jolloin näytteestä voidaan valita hyvä mittauskohda ilman objektiivien vaihtoa kesken mittauksen. Kun kide lasketaan alas mittausasentoon, se tulee näkyvän valon tielle eikä sitä voi sen jälkeen käyttää mikroskooppiobjektiivinä.



Kuva 24. ATR-objektiivin rakenne: a) ATR-kiteen ollessa ylhäällä objektiivi toimii 20x objektiivinä b) ATR-kide alhaalla mittausasennossa [18]

ATR-mittauksissa pohjaspektri ajettiin ilmaa vasten läpinäkyvää muovista puolirengasta apuna käyttäen (kuva 25). Tutkittavat ilmastointiteippien kalvot voidaan puhdistaa vedellä ja etanolilla ennen mittauksia. Kalvon pala asetettiin näytepöydälle ja kiteen ollessa yläasennossa etsittiin sopiva mittauskohda. Kun sopiva mittauskohda löydettiin, laskettiin kide alas ja nostettiin näytepöytää (kuva 14, kohta 4) niin kauan että mikroskoopin varoitusvalo (kuva 14, kohta 15) muuttui vihreäksi. Mittauksen jälkeen näytepöytää laskettiin hieman ja ATR-kide nostettiin ylös. ATR-mittauksissa on tärkeä pitää huoli siitä, että näytepöytä pysyy paikallaan, koska pienikin liike voi rikkoa ATR-kiteen.

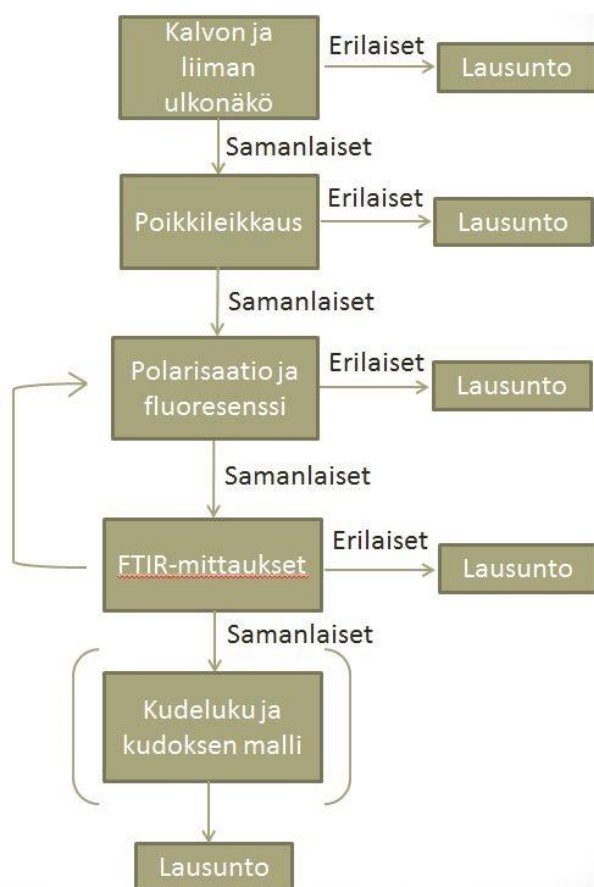


Kuva 25. ATR-mittauksessa pohjaspektri ajetaan ilmaa vasten [20]

4 Vertailututkimuksen vaiheet

Rikosteknisessä laboratoriossa ei niinkään olla kiinnostuneita teippien liimoissa tai kalvoissa käytetyistä materiaaleista vaan siitä, ovatko kaksi teippiä keskenään samanlaiset. Vertailututkimuksen kannalta tärkein vaihe on teippien liimojen IR-spektrien vertailu. Liimojen IR-spektreissä piikkien paikat voivat teipistä riippuen vaihdella hieman, vaikka liimat jakaisivatkin samankaltaisen rakenteen, ja tämän takia spektrit tulee katsoa tarkasti läpi. Kaikki tässä opinnäytetyössä käydyt ilmastointiteippien tutkimusmenetelmät soveltuvat käytettäväksi vertailututkimuksessa.

Ilmastointiteippien vertailuanalyysin menetelmäkaaviosta (kuva 26) voidaan tarkastella, miten analyysi etenee laboratoriossa. Ensimmäisenä suoritetaan visuaalinen tarkastelu, jossa verrataan teippien kalvojen ja liimojen ulkonäköä. Mikäli visuaalisessa tarkastelussa huomataan, että teipit eroavat, voidaan antaa lausunto. Jos visuaalisessa tarkastelussa teipit näyttävät samalta, siirrytään poikkileikkaukseen. Koska poikkileikkaukset tarkastellaan samalla mikroskoopilla kuin polarisaatio ja fluoresenssi, ne ovat seuraava vaihe. Jos poikkileikkaukset ovat samanlaiset, siirrytään FTIR-mittauksiin. FTIR-mittauksista menee nuoli polarisaatioon ja fluoresenssiin, koska ne tutkitaan liimoille ja kalvoille heti FTIR-mittausten jälkeen KBr-tabletin päältä. Kudeluku ja kudoksen malli on merkitty viimeiseksi sulkeisiin, koska joskus näytteitä voi olla niin vähän, ettei niitä riitä tähän tutkimukseen. Tämän takia on hyvä käydä muut tutkimukset ensin läpi.



Kuva 26. Ilmastointiteippien vertailututkimuksen menetelmäkaavio

5 Tulokset

5.1 Teippikääröjen avaaminen

Teippikääröjen lämmityksessä huomattiin nopeasti, että polyeteenikalvo ei kestä sitä. Kun kalvoa lämmitettiin liian kauan, se kutistui ja menetti muotonsa. Näin ollen lämmityksen käyttö vaatii paljon kontrollia, etteivät näytteet pilaannu tässä vaiheessa. Mitä korkeampi lämpötila oli, sitä nopeammin kalvo meni pilalle. Lämmityksellä liima saatiin juoksevammaksi, mutta se ei antanut huomattavaa etua käärojen avauksessa.

Jäähdytys toimi huomattavasti paremmin kuin lämmitys. Varsinkin liimapuoli saatiin irti kalvosta helposti jäähdytyksellä. Verrattaessa nestetyppeä ja kylmäsprayta on vaikea sanoa, kumpi sopii paremmin teippikääröjen avaukseen. Nestetypellä saadaan pidempiaikainen jäähdytys, mutta kylmäspraylla saadaan jäähdytys suoritettua paremmin paikallisesti haluttuun kohtaan. Nestetypen kanssa työskennellessä tulee muistaa työturvallisuus. Jäähdytyksessä ei myöskään tarvitse pelätä, että näyte menee pilalle samalla lailla kuin lämmityksessä.

Teippikääröjen avaaminen vaatii työntekijältä tarkkaa ja kärsivällistä työtettä, koska tämä on ensimmäinen vaihe ja riski näytteiden pilaamiseen on suuri. Kääröjen avaaminen onnistuu myös ilman lämmitystä tai jäähdytystä, ja työntekijä päättää, miten haluaa käärot avata. Jotkut kohdat kääroista saadaan auki hyvin mekaanisesti repimällä ilman apukeinoja. Jokainen teippikäärö on erilainen ja työmenetelmät muuttuvat kääron avaamisen edetessä.

5.2 Ulkoiset ominaisuudet

Ulkoisten ominaisuuksien tarkastelussa on kaksi tärkeää asiaa. Ensimmäinen on ilmastointiteippien liimojen ja kalvojen värien erot. Toinen tärkeä huomioitava asia on mahdollisten kalvon painautumien esiintyminen.

Näiden ominaisuuksien tarkastelussa tärkein osa on teippien visuaalinen tarkastelu. Mikroskoopilla tarkastellessa värit muuttuvat hieman mikroskoopin luoman valon ansiosta, minkä seurauksena värisävyjen erot pienentyvät verrattuna paljaalla silmällä tarkasteluun. Teippien kalvojen painaamia tutkittaessa kalvot kannattaa kuvata mikro-

skoopikameralla, jotta saataisiin painaumien muoto hyvin selville. Liitteeseen 1 on kerätty kuvat tutkittujen teippien kalvojen ja liimojen väreistä sekä kalvossa esiintyvistä painaumista niistä teipeistä, joissa painaumuksia esiintyy. Muovikalvoon liimatut teipit on kuvattu Canonin PC1210 -kameralla, joten ne eivät täysin vastaa silmällä katsottuja teippejä.

Ulkoisten ominaisuuksien perusteella voidaan jo sanoa, että kaikki tutkitut teipit eroavat toisistaan. Yhdeksän teippiä on väriltään harmaita [liite 1, kuvat 1 - 8; 16], kaksi keltaista [liite 1, kuvat 14 - 15], kaksi mustaa [liite 1, kuvat 11; 17], kaksi valkoista [liite 1, kuvat 13; 18], yksi sininen [liite 1, kuva 9], yksi punainen [liite 1, kuva 12] ja yksi viinipunainen [liite 1, kuva 10].

Harmaista teipeistä vanhemman Advancen [liite 1, kuva 1], uudemman Advancen [liite 1, kuva 7], Naturan [liite 1, kuva 2] ja Sokeva Pron [liite 1, kuva 5] kalvojen värit ovat vaaleammat kuin muilla harmailla teipeillä. Nämä teipit kiiltävät valoa vasten enemmän kuin muut, lisäksi teipeissä näkyy tukilangoitus kalvon läpi painautuneena. Tämä johtuu mahdollisesti siitä, että näiden teippien kalvot ovat ohuempia kuin muiden.

Loput harmaat teipit ovat värisävyltään tummempia kuin edellä mainitut. Näistä teipeistä Würth [liite 1, kuva 3], Shurtape [liite 1, kuva 6] ja Biltema [liite 1, kuva 8] näyttävät ja tuntuvat sileämmiltä kuin muut. Intertape-teipissä [liite 1, kuva 4] näkyy tukilangoitus painautuneena kalvon läpi. Raptor-teipin [liite 1, kuva 16] kalvo eroaa muiden ilmastointiteippien kalvoista sillä, että se on mattapintainen.

Värillisistä teipeistä Eurocel-teippien [liite 1, kuvat 11 - 14], sinisen Shurtapen [liite 1, kuva 9] ja TN15-CBY/W:n [liite 1, kuva 15] tukilangoitus näkyy ja tuntuu painautuneena kalvon läpi. Viinipunaisessa Shurtape [liite 1, kuva 10] ja Gorilla tape -teipeissä [liite 1, kuvat 17 - 18] kalvon pinta on tasaisempi.

Kalvon pinnan ja pohjan painaumuksia löytyy seuraavista teipeistä: Würth [liite 1, kuvat 19 - 20], harmaa Shurtape [liite 1, kuvat 21 - 22], Biltema [liite 1, kuvat 23 - 24], viinipunainen Shurtape [liite 1, kuvat 25 - 26] ja molemmista Gorilla-teipeistä [liite 1, kuvat 27 - 30]. Pinnan painaumien muoto ja tiheys vaihtelee suuresti teippien välillä. Saman valmistajan teipeissä huomataan samankaltaisuuksia. Gorilla tape -teipeissä on hyvin samanlaiset painaumet niin kalvon päällä kuin pohjassa. Myös Shurtape-teippien välillä on huomattavissa samankaltaisuutta. Biltema-teipin kalvon päällä olevat painaumet

ovat epäsäännöllisemmin muotoutuneet kuin muissa teipeissä. Pohjan painaumista voidaan nähdä, kuinka tukilangoitus kulkee kalvon alla.

Liimojen värit vaihtelevat suuresti teippien välillä. Eurocel-, TN15-CBY/W-, Biltema-, Würth-, sekä Natura-teipeissä on selkeästi valkoisempi liima kuin muilla teipeillä. Harmaan Shurtape-, sinisen Shurtape- ja Sokeva Pro -teippien liimojen värit muistuttavat toisiaan.

Ilmastointiteippien leveyksistä löytyi myös hieman eroja. Leveydet vaihtelevat 47 - 50 mm välillä. Yleisin teipin leveys on 50 mm, joka löytyy kahdeksalta teipiltä. Seuraavana tulevat 49 mm kuudella ja 48 mm kolmella teipillä. Tutkituista teipeistä ainoa 47 mm:n leveys löytyy viinipunaiselta Shurtape-teipiltä. Kaikki tulokset ulkoisista ominaisuuksista löytyvät liitteen 10 taulukosta 1.

5.3 Poikkileikkaus

5.3.1 Poikkileikkauksen valmistus

Poikkileikkauksia kokeiltiin kolmella tapaa. Asetaattikalvon käyttö poikkileikkauksien valmistamisessa osoittautui teknisesti hankalaksi. Kalvon litistäminen kalvojen väliin asetonin avulla sotkee hieman, eikä näytteestä saa valmistettua tasalaatuista ja puhdasta. Asetaattikalvon palat painetaan voimalla yhteen veitsen avulla, mikä johtaa siihen, että näytettä ei välttämättä saada tiiviisti asettumaan kalvojen väliin. Jos näyte ei ole tiiviisti kalvojen välissä, näyte vääntyy eikä preparaattia saada leikattua tasaisesti.

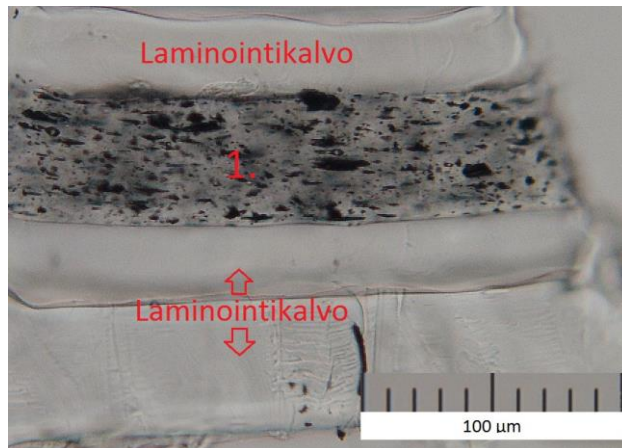
Jäähdytyksen käytön haittana on näytteen lämpeneminen. Preparaatti tulee leikata nopeasti sinä aikana, kun näyte on jäässä. Nestetyypeä käytettäessä näyte tulee jäädyttää ennen lasien väliin asettamista, ja jo tässä ajassa näyte ehtii sulaa. Käyttäessä kylmäspraytä näyte saadaan hetkellisesti jäätymään ja tällöin suihketta voidaan lisätä näytetelineessä suoraan näytteen päälle. Jäätymisen on heikompaa kuin nestemäisellä tyypellä ja kestää tästä syystä vähemmän aikaa. Jäähdyttämisen käyttö tuo ylimääräistä kiirettä poikkileikkauksen tekemiseen. Nestemäisen tyypin kanssa työskentely myös tuo lisähaastetta työturvallisuuden osalta.

Parhaaksi tavaksi poikkileikkaukseen todettiin laminoinnin käyttö. Laminointikalvo asetuu tiiviisti pienten näytteiden ympärille ja sille saadaan asetettua monta näytettä samaan aikaan, jolloin näytteenkäsittely nopeutuu. Laminointikalvo antaa näytteelle jäykkyyttä, joten poikkileikkauspreparaatin leikkaaminen onnistuu helposti. Laminointikalvosta tulee näytteen molemmille puolille kaksi ylimääräistä kalvoa, jotka näkyvät poikkileikkauksissa. Liitteen 2 kuvissa on osoitettu laminointikalvot nuolilla ja näytteen varsinaisen kalvorakenteen kerrokset numeroituna ylimmästä kerroksesta alimpaan kerrokseen. Laminointikalvon käyttö mahdollistaa rauhallisen työskentelyn, koska näyte säilyy kalvojen välissä. Liitteeseen 2 on lisätty teippien kalvoista ne kuvat, joissa kalvorakenne erottuu helpoimmin. Joidenkin teippien kalvorakenne näkyy paremmin, kun käytetään polarisaatiota ja fluoresenssia. Polarisaatiolla saadaan hyvin harmaiden kalvojen täyteaineet näkyviin, kun taas fluoresenssilla värillisten teippien kalvot erottuvat paremmin.

5.3.2 Kalvojen kerrosrakenne

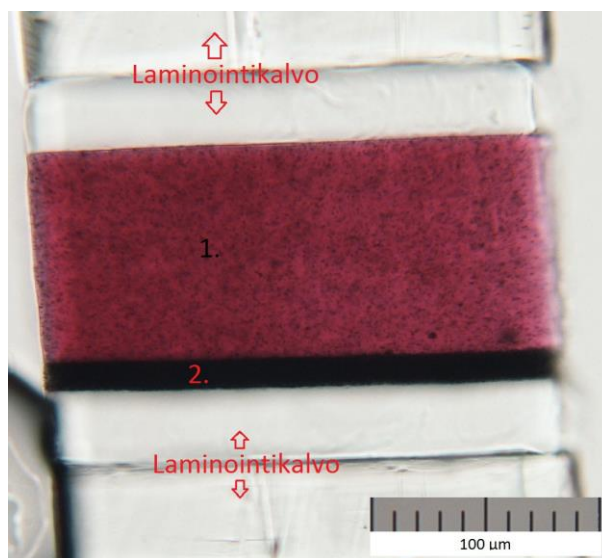
Poikkileikkausten tekeminen osoittautui hyvin hyödylliseksi työvaiheeksi osana ilmastointiteippien analysointia. Liitteen 2 kuvista huomataan kuinka erilaisia kalvorakenteita teipeistä löytyy. Kalvot koostuvat 1 - 3 kerroksesta, kerrokset voivat olla eriväriset ja eri paksuiset. Myös saman valmistajan sisällä teippien kalvojen kerrosrakenteista löydettiin eroavaisuuksia.

Harmaista teipeistä Naturalla [liite 2, kuvat 3 - 4], Würthilla [liite 2, kuvat 5 - 6], Sokeva Prolla [liite 2, kuvat 9 - 10] ja Biltemalla [liite 2, kuvat 15 - 16] on vain yksi kalvokerros. Sokeva Pron kalvosta nähdään hyvin, kuinka ilmastointiteipeille tyypillisen harmaan värin aiheuttava alumiini on lisättyä siihen (kuva 27). Alumiinipulveri näkyy mustina ”hiutaleina” mikroskooppikuvissa. Värillisistä teipeistä sinisen Shurtape-teipin [liite 2, kuvat 17 - 18] kalvo on yksikerroksinen.



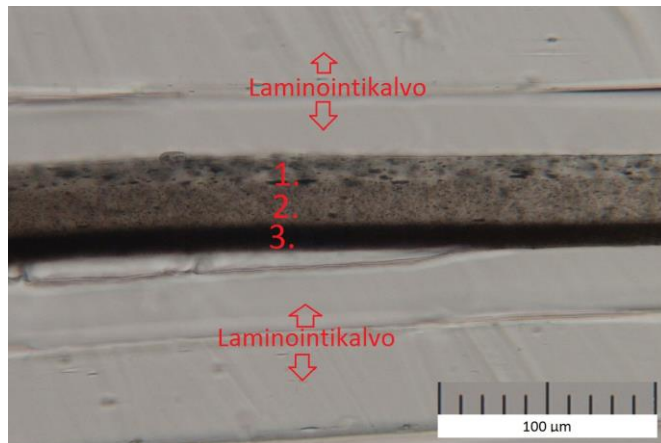
Kuva 27. Sokeva Pro -teipin poikkileikkaus 25x suurennoksella

Kaksikerroksisia kalvoja löytyy vanhemmasta Advance- [liite 2, kuvat 1 - 2], uudemmasta Advance- [liite 2, kuvat 13 - 14], harmaasta Shurtape- [liite 2, kuvat 11 - 12], viininpunaisesta Shurtape- [liite 2, kuvat 19 - 20], TN15-CBY/W- [liite 2, kuvat 29 - 30] ja Raptor [liite 2, kuvat 31 - 32] -teipeistä. Viininpunaisen Shurtape-teipin kalvon poikkileikkauksessa nähdään pieniä pisteitä, jotka mahdollisesti muodostavat teipin värin (kuva 28).



Kuva 28. Viininpunaisen Shurtape-teipin poikkileikkaus 25x suurennoksella

Kolmikerroksisia kalvoja löytyy kaikista Eurocel-teipeistä [liite 2, kuvat 21 - 28], Gorilla tape -teipeistä [liite 2, kuvat 33 - 36] ja Intertape-teipistä [liite 2, kuvat 7 - 8]. Kuvassa 29 on esimerkki kolmikerroksisesta kalvosta.



Kuva 29. Intertape-teipin kalvon poikkileikkaus 25x suurennoksella

Kalvorakenteet eroavat kerrosmäärän lisäksi siitä, että kerrokset ovat eriväriset sekä ne voivat olla eri järjestyksessä eri teipeissä. Esimerkiksi verratessa harmaiden Shurtape- ja Raptor-teippien kalvoja huomataan, että Shurtape-teipin kalvossa ensimmäinen kerros on kirkas ja toinen kerros harmaa. Raptor-teipissä kerrokset ovat toisinpäin. Raptor-teipin kalvorakenne on poikkeuksellinen, koska kalvon harmaa kerros ei ole tiivis vaan koostuu säikeistä.

5.3.3 Kalvojen paksuudet

Kolmikerroksisista kalvoista Intertape- ja Gorilla tape -teippien kalvot ovat huomioimisen arvoisia. Nämä teipit edustavat tutkittujen teippien ääripäitä, mitä tulee kalvorakenteen tutkimiseen. Poikkileikkauksista voidaan mitta-asteikkoa apuna käyttäen mitata tai laskea verrannolla kalvojen paksuudet. Intertape-teipin paksuus on noin 40 μm ja teipissä on kolme kerrosta: harmaa, kirkas ja harmaa. Gorilla tape -teippien kalvojen paksuudet ovat noin 200 μm , joten ne ovat tutkituista teipeistä paksuimmat. Intertape-teippi on yksi ohuimmista Advance-teippien ohella, ja juuri kolmikerroksinen kalvo tekee siitä huomattavasti erilaisen kuin muut teipit.

Kalvon paksuus vaikuttaa myös teipin visuaaliseen ilmeeseen. Tutkituista teipeistä huomataan, että alle 100 μm (40 - 70 μm) kalvon omaavissa teipeissä tukilangoitus tulee näkyviin kalvon läpi (pois lukien Raptor-teippi). Paksumman kalvon (100 - 200 μm) omaavissa teipeissä puolestaan kalvon päältä ja alta löytyy painaumia.

5.3.4 Muuta huomioitavaa

Saman valmistajan teippien kalvojen välillä löytyy myös eroja. Esimerkiksi Advance-teippien kalvorakenteissa on päällä harmaa kalvo ja alla valkoinen kalvo. Kuvia vertailemalla kuitenkin huomataan, että vanhemmassa teipissä valkoinen kalvo on paksu ja harmaa kalvo ohut. Uudemmassa teipissä tämä on toisinpäin eli harmaa kalvo on paksu ja valkoinen kalvo ohut. Paksuudeltaan Advance-teippien kalvot ovat saman paksuiset. Musta Eurocel Nero -teippi eroaa muista saman sarjan teipeistä sillä, että sen kalvon ensimmäinen ja toinen kerros ovat mustia. Muissa Eurocel-teipeissä kalvon kerrosrakenteessa ensimmäinen kerros on kirkas, toinen kerros värillinen ja kolmas kerros kirkas. Kaikkien Eurocel-teippien kalvojen paksuudet ovat 60 - 70 µm. Yhteenveto kalvojen poikkileikkaustuloksista löytyy liitteen 10 taulukosta 2.

5.4 Tukilangoitus

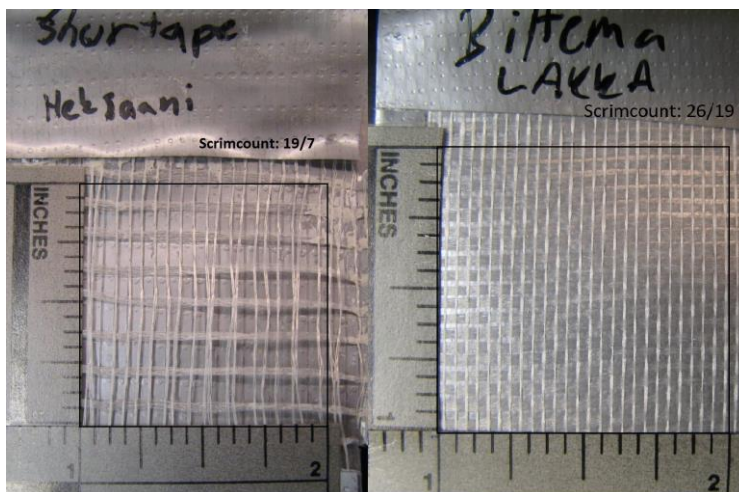
5.4.1 Liuottimen vaikutus liuotustulokseen

Tukilangoituksen tutkiminen aloitettiin liuottamalla liima kappaleessa 3.4 esitetyllä tavalla. Tutkittujen liuottimien, heksaanin ja lakkabensiinin, välinen ero liimojen liuottamisessa ei ollut huomattava. Suurin osa liimoista liukeni kumpaankin liuottimeen, mutta eroja saatiin siitä, kuinka hyvin liuotus tapahtui. Jotkin liimat saatiin liuotettua paremmin, kun käytettiin apuna ultraäänihaudetta. Esimerkiksi harmaan Shurtape-teipin liima liukeni paremmin heksaaniin kuin lakkabensiiniin. Biltema-teipissä tämä oli toisinpäin. Vanhempi Advance-teippi oli tutkituista teipeistä ainut, joka ei liennut hyvin kumpaankaan liuottimeen. Tämän jälkeen vanhemman Advance-teipin liimaa yritettiin liuottaa asetonilla, mutta tämäkään ei toiminut. Asetonin käyttöä liiman liuottamisessa ei tutkittu tämän tarkemmin.

Liuottimien testauksessa ei muodostunut selvää kaavaa, kumpi liuotin toimisi paremmin ilmastointiteippien liimojen liuottamiseen. Heksaanilla liuotustulos oli mahdollisesti hieman puhtaampi. Liuotustuloksen saa sitä paremmaksi, mitä kauemmin teippiä jaksaa liuottaa. Liuotuksen pituuteen vaikuttaa taas teippitaitoksen kestävyys. Joillakin teipeillä taitos kesti paremmin liuottamista kuin toisilla. Menetelmän kannalta on vaikea sanoa, kumpi liuotin on parempi liimojen liuottamiseen. Lakkabensiinin vahvuutena on helppo saatavuus ja halvempi hinta, liuotinta kuluu huomattava määrä tässä prosessissa. Liitteen 10 taulukkoon 4 on kerätty liimojen liuotustulokset.

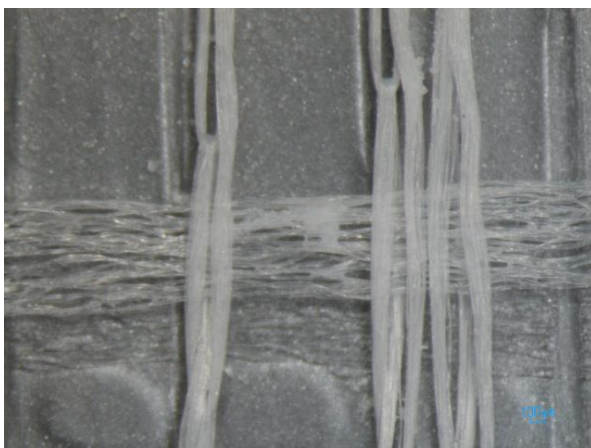
5.4.2 Kudeluku ja -malli

Kudeluvut vaihtelevat suuresti eri ilmastointiteoppien välillä. Yleisin kudeluku on 19/8 tai 19/7, kuten esimerkiksi harmaalla Shurtape-teipillä (kuva 30). Kudelangoitus saattaa siirtyä liuotuksen aikana hieman, joten tulokset on ilmoitettu ± 1 tarkkuudella. Näin ollen esimerkiksi kudeluvut 19/7 tai 19/9 voidaan todeta samaksi kuin 19/8. Vertailututkimuksissa tämä kuitenkin pitää katsoa tapauskohtaisesti. Muutamassa teipissä tukilangoitus on tiheämpää, kuten Biltema-teipillä (kuva 30).

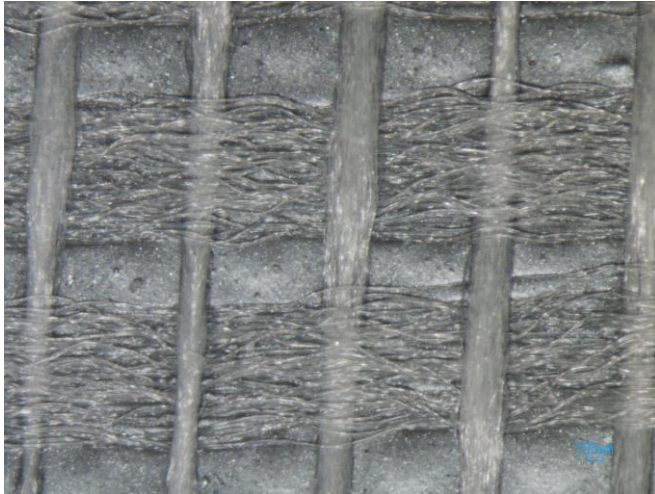


Kuva 30. Kudelukujen vertailu, Shurtape ja Biltema -teipit

Kudelukujen lisäksi myös ilmastointiteoppien kudemallit eroavat. Tutkituista teipeistä löytyy kahta kudemallia, ns. weft insertion -mallia (kuva 31) sekä ns. basket weave -mallia (kuva 32). Weft insertion -mallia löytyy tutkituista teipeistä enemmän.



Kuva 31. Harmaan Shurtape-teipin kuderakenne 20x suurennoksella, ns. weft insertion



Kuva 32. Biltema-teipin kuderakenne 20x suurennoksella, koripunos

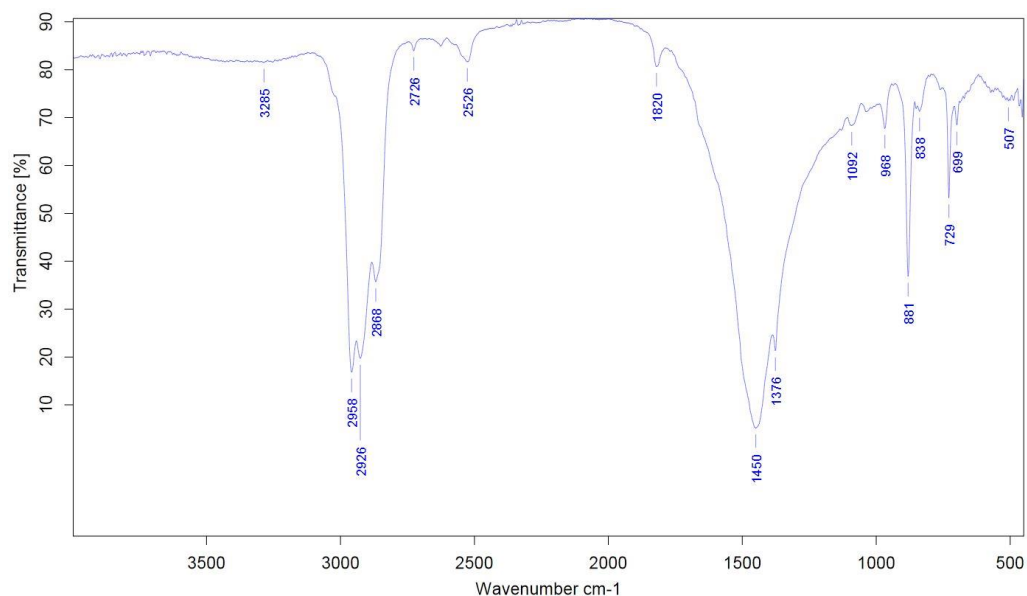
Tukilangoituksessa langat saattavat kiertyä tai kulkea suorina nippuina, joten myös se on yksi erotteliva tekijä teippien kesken. Würth-teippi [liite 3, kuva 6] on ainut tutkituista teipeistä, jonka kummankin suunnan langat kiertyvät Z-suuntaan. Gorilla tape-teipeissä [liite 3, kuvat 34 ja 36] loimilangat kiertyvät Z-suuntaan ja kudelangat kulkevat suorina. Muissa teipeissä, joissa tukilangoitus on kudottu koripunoksella, langat kulkevat suorina nippuina. Weft insertion -punoksessa kumpikin lanka kulkee kiertymättä, mutta tästäkin löytyy erilaisia versioita. Eurocel-teipeissä sekä TN15-CBY/W-teipissä löytyy weft insertion -punos [liite 3, kuvat 21 - 30]. Näiden teippien kudemallit poikkeavat muista sillä, että niiden kudelangat kiertyvät säännöllisin väliajoin. Raptor-teipissä [liite 3, kuva 32] taas on kaikista muista tutkituista teipeistä eroava punonta. Siinä loimilangat menevät ristiin säännöllisin välein. Liitteestä 3 löytyvät kaikkien tutkitujen ilmastointiteippien kudelukujen ja kudemallien kuvat sekä liitteen 10 taulukkoon 3 on kerätty tulokset tukilangoituksesta.

5.5 FTIR-mittaukset

5.5.1 Liimojen IR-spektrit

Tutkittujen ilmastointiteippien liimojen IR-spektreistä huomataan, että liimat voidaan jakaa rakenteensa mukaan kolmeen pääryhmään. IR-spektrien selkeimmät erot muodostuvat liimoissa käytettävistä täyteaineista, joita tutkituissa teipeissä selkeimmin olivat kaoliini eli alumiinisilikaatti sekä kalsiitti eli kalsiumkarbonaatti. Kolmannessa ryhmässä liimojen IR-spektreissä nähdään enemmän itse liimasta ilmestyviä piikkejä kuin täyteaineista ilmestyviä. Tämä johtuu siitä, että kolmannen ryhmän liimoissa täyteainetta on hyvin vähän eikä näiden liimojen IR-spektreistä voida varmuudella todeta, mitä täyteainetta niistä löytyy, mutta ilmeisimmin tämä on titaanidioksidiä. Liimojen IR-spektrit löytyvät liitteestä 4.

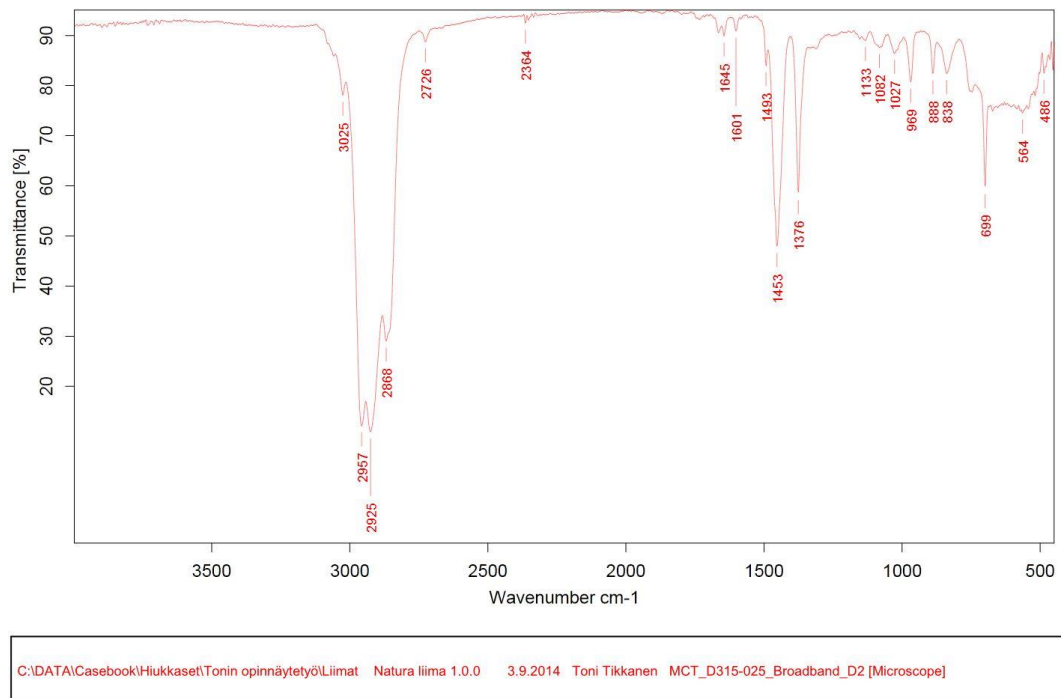
Kalsiumkarbonaattia sisältävät liimat erottuvat selvästi, koska kalsiumkarbonaatti absorboi voimakkaasti aaltoluvuilla $1470 - 1430 \text{ cm}^{-1}$ sekä 875 cm^{-1} (taulukko 2). $1470 - 1430 \text{ cm}^{-1}$ piikki peittää alleen liiman rakenneaineiden piikkejä (kuva 33). Tutkituista teipeistä kymmenessä liimassa on täyteaineena kalsiumkarbonaattia.



C:\DATA\Casebook\Hiukkaset\Tonin opinnäytetyö\Liimat Intertape liima 1.0.0 3.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

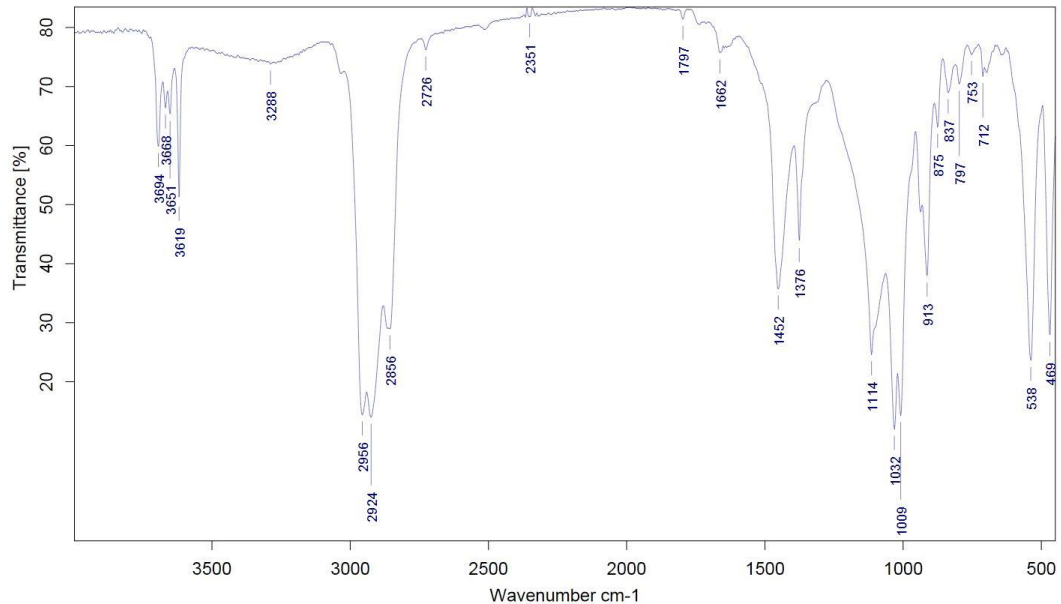
Kuva 33. Intertape-teipin liiman IR-spektri, jossa näkyy täyteaineena kalsiumkarbonaatti

Seuraavaksi yleisin liimatyyppi on liima, jossa ei ole paljon täyteainetta. Näiden liimojen IR-spektristä voidaan tarkastella liiman omia komponentteja. Esimerkiksi Natura-teipin liiman IR-spektristä (kuva 34) nähdään hyvin näille liimoille tyypillisimpiä piikkejä. Aaltoluvuilla 800 - 450 cm^{-1} nähdään titaanidioksidille tyypillinen kohoama, joka nähdään kaikissa tämän ryhmän liimoissa. Liiman komponenteilla NR, SIS ja SBS tyypillisimmät piikit esiintyvät aaltoluvuilla 1450, 1370 ja 835 cm^{-1} (taulukko 2). Sekä aaltolukualueella 1200 - 700 cm^{-1} näkyy jokaiselle komponentille eriäviä piikkejä. Natura-liiman IR-spektristä huomataan kaksi suurta piikkiä 1453 cm^{-1} ja 1376 cm^{-1} sekä paljon pieniä piikkejä 1200 - 700 cm^{-1} alueilla. Tästä huomataan, että pelkän IR-spektrin perusteella on hyvin vaikea sanoa, onko liiman valmistuksessa käytetty kaikkia näitä komponentteja vai onko jotain enemmän kuin toista. Tämän ryhmän liimoja löytyi tutkituista teipeistä seitsemän kappaletta.



Kuva 34. Natura-teipin liiman IR-spektri, jossa näkyy titaanidioksidille tyypillinen kohoama ja liiman komponenttien piikkejä

Yhdestä ilmastointiteipistä (kuva 35) löytyi liiman täyteaineena kaoliinia, joten se muodostaa kolmannen ryhmän. Kaoliinille tyypilliset piikit muodostuvat IR-spektriin aaltoluville $3700 - 3600 \text{ cm}^{-1}$, $1200 - 900 \text{ cm}^{-1}$ ja $550 - 440 \text{ cm}^{-1}$ (taulukko 1).

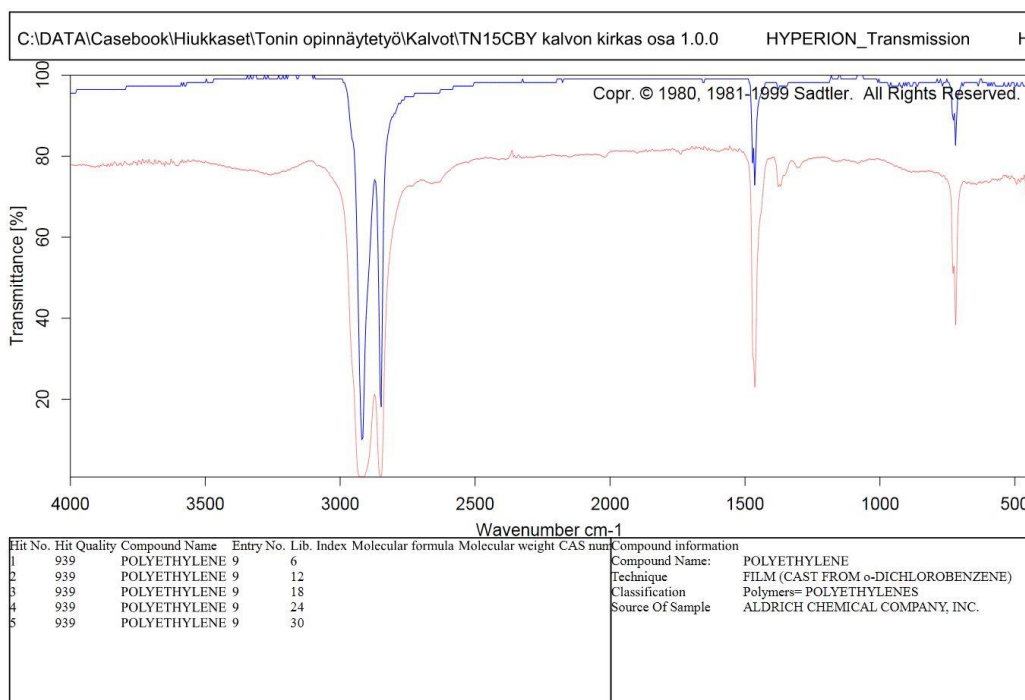


C:\DATA\Casebook\Hiukkaset\Tonin opinnäytetyö\Liimat Sokeva Pro liima 1.0.0 3.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 35. Sokeva Pro -teipin liiman IR-spektri, jossa täyteaineena kaoliini

5.5.2 Kalvojen IR-spektrit

Ilmastointiteippien kalvot kaikissa tutkituissa teipeissä ovat materiaaliltaan polyeteeniä (kuva 36). Polyeteeniin lisäksi kalvojen IR-spektreissä voi ilmetä täyteaineiden piikkejä. Esimerkiksi vanhemman Advance- ja valkoisen Gorilla tape -teippien kalvojen IR-spektreissä (liite 5, kuvat 1 ja 19) nähdään titaanidioksidille tyypillinen kohouma aaltoluilla $800 - 400 \text{ cm}^{-1}$. Tästä voidaan päätellä, että Gorilla tape -teipin valkoinen väri saadaan aikaiseksi titaanidioksidilla. Koska vanhempi Advance-teippi on väriltään harmaa, kohouma johtuu kalvon muiden kerrosten täyteaineista. Kalvojen poikkileikkauksista voidaan tarkastella, löytyykö mahdollisia täyteaineita (kappale 5.3; liite 2).

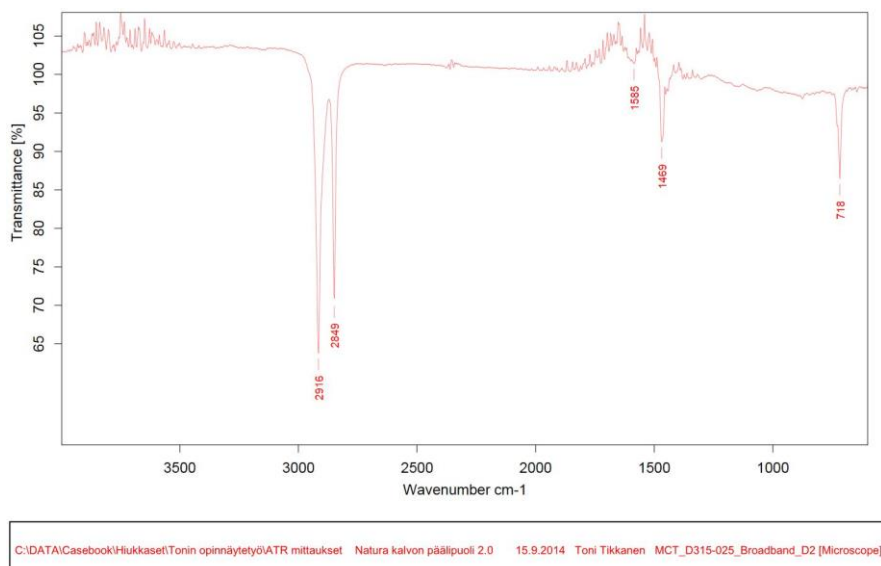


Kuva 36. Ilmastointiteipin kalvon IR-spektrin kirjastovertailu

Kalvon esikäsitteystä johtuen (kappale 3.7.1), täyteaineita ei saada aina näkyviin, vaikka niitä esiintyisikin. Tämän takia kalvoja vertaillessa olisi hyvä tehdä muutama näyte niin, että ensimmäinen näyte otetaan aivan kalvon pinnasta ja toinen näyte hie- man paksummin. Tässäkin kohtaa voidaan tarkastella poikkileikkausta, yksikerroksi- sesta kalvosta on turha valmistaa monta näytettä.

5.5.3 Kalvojen ATR-spektrit

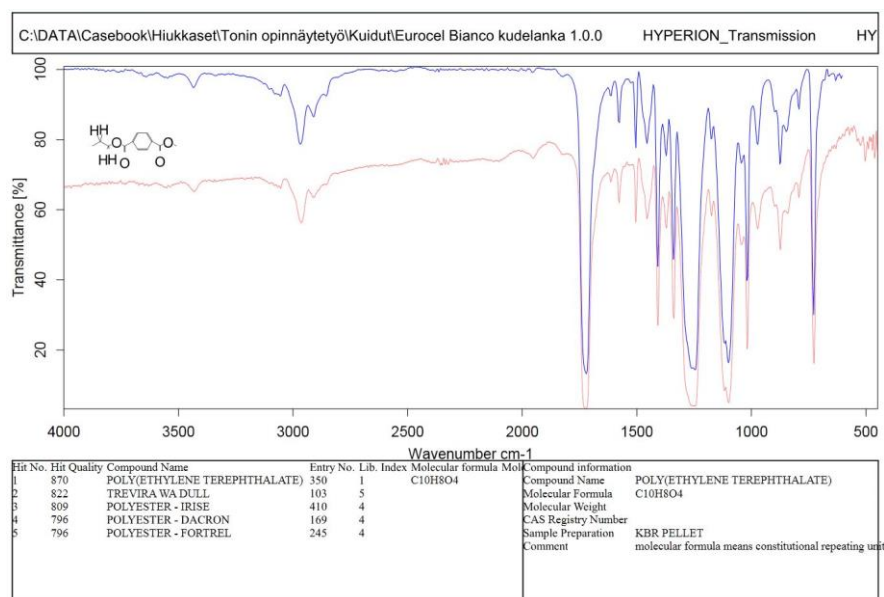
Kalvojen ATR-spektreistä ei saada sen enempää informaatiota kun transmissiospekt- reistäkään. ATR-tekniikka minimoi näytteenkäsitteilyn ja näin säästetään aikaa. ATR- tekniikalla mitattiin teippien kalvot ala- ja yläpuolelta. Harmaille teipeille tulokseksi saa- tiin materiaali eli polyeteeni ja värillisillä teipeillä väriaineet ilmentyivät ATR-spektreissä. Mittaushetkellä mikroskoopin ATR-lisäosassa oli jotain häiriötä, joten mittaukset eivät onnistuneet kunnolla. Tämä näkyy ATR-spektreissä häiriönä spektrin pohjaviivassa aaltolukualueilla $4000 - 3500 \text{ cm}^{-1}$ ja $2000 - 1500 \text{ cm}^{-1}$ (kuva 37). Häiriöt voivat mahdol- lisesti johtua ilmankosteudesta, jolloin spektrissä nähtäisiin veden signaali. ATR- spektrit kalvoille löytyvät liitteestä 7.



Kuva 37. Natura-teipin kalvon ATR-spektri

5.5.4 Kuitujen IR-spektrit

Kuitujen mittauksissa saatiin selville, että loimi- ja kudelangat molemmat ovat materiaailtaan polyesteriä (kuva 38). Lankanipuista mitattiin vain yhdet langat, joten mittauksista ei selviä, onko lankanippuihin sekoitettu myös puuvillaa. Kuitujen IR-spektreissä (liite 6) näkyy teippikohtaisesti kummankin, sekä loimi- että kudelangojen, kuvaajat samassa kuvassa.



Kuva 38. Ilmastointiteippien kuidun IR-spektrin kirjastovertailu

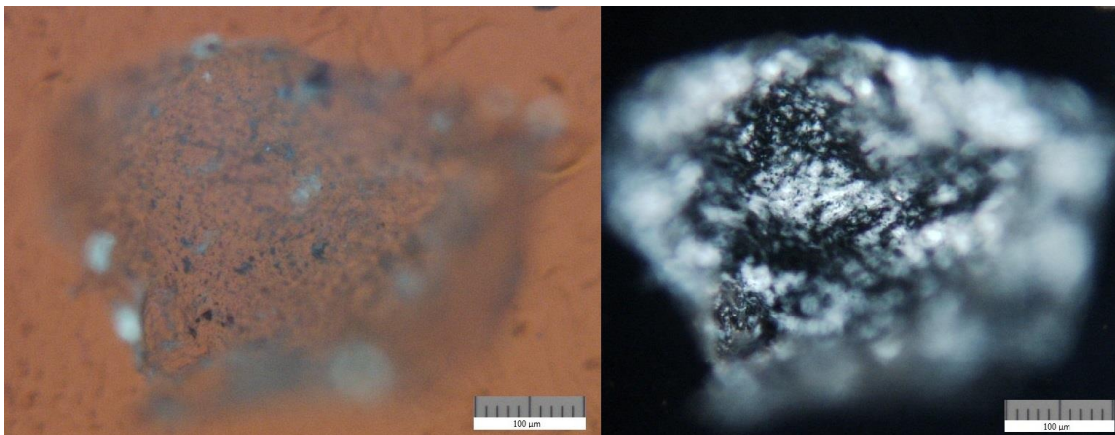
5.6 Polarisaatio- ja fluoresenssimittaukset

Polarisaatio- ja fluoresenssimittaukset tukevat ja täydentävät IR-spektrien tuloksia. Liimojen täyteaineiden olemassaolo voidaan todentaa tutkimalla niitä polarisaatiolla, jossa ne näkyvät kimaltelevina pisteinä liimassa (kuva 39). Liimoista, joissa täyteaineena on kalsiitti tai kaoliini, nähdään voimakas polarisaatio. Tämä johtuu siitä, että näissä teipeissä täyteainetta on paljon. Jos liiman IR-spektristä ei varmasti selviä löytyykö täyteainetta, voidaan sitä tutkia polarisaatiolla. Tutkittujen ilmastointiteippien kaikista liimoista löytyy jokin täyteaine. Liimojen fluoresenssi ei eroa merkittävästi toisistaan. Liimojen polarisaatio- ja fluoresenssikuvat löytyvät liitteestä 8.



Kuva 39. Sinisen Shurtape-teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella

FTIR-mittauksiin esikäsitellyistä kalvoista mitattu polarisaatio ja fluoresenssi eivät anna paljon tietoa. Kuten kappaleessa 3.7.1 kerrotaan, kalvot jäävät KBr-tabletin päälle yleensä kuperiksi tai muuten epätasaisiksi. Tästä johtuen niistä saadaan yleensä tarkennettua kerralla vain pieni alue valomikroskoopilla (kuva 40). Harmailla ilmastointiteipeillä täyteaineet näkyvät polarisaatiossa tummina alueina ja fluoresenssissa tummina pisteinä (kuva 40). Muun väriset ilmastointiteipit fluoresoivat paremmin kuin harmaat. Kuten aikaisemmin kappaleissa 3.3 ja 5.3 on tullut ilmi, polarisaatiota ja fluoresenssia käytetään myös ilmastointiteippien kalvojen poikkileikkauksien tutkimisessa. Kalvojen polarisaatio- ja fluoresenssikuvat löytyvät liitteestä 9.



Kuva 40. Intertape-teipin kalvon polarisaatio (oikea) ja fluoresenssi (vasen) 10x suurennoksella

6 Loppupäätelmät

Opinnäytetyössä käytettyjen menetelmien kautta nähdään, kuinka monipuolisia rakenteita ilmastointiteipeistä löytyy. Tulokset osoittavat, että tutkimuksissa käytetyt menetelmät sopivat käytettäväksi vertailututkimuksessa. Tärkeimmiksi vertailututkimuksen vaiheiksi muodostuivat visuaalisessa tarkastelussa ulkoiset ominaisuudet ja poikkileikkaus sekä FTIR-mittaukset etenkin liimoista. Opinnäyte onnistui hyvin, ja rikostekniselle laboratoriolle saatiin luotua uusia menetelmiä ilmastointiteippien vertailututkimukseen. Etenkin polyeteenikalvojen poikkileikkaus uutena työvaiheena osoittautui varsin informatiiviseksi.

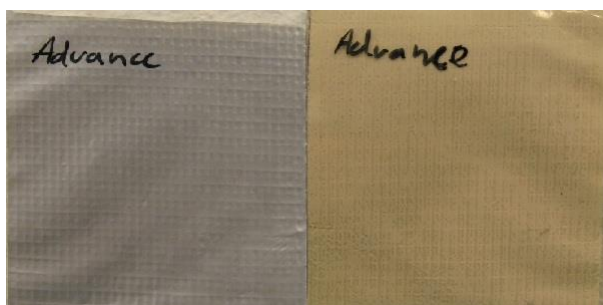
Ilmastointiteippien tutkimusta on mahdollista jatkaa tutkimalla niiden rakenteita SEM-EDS-, XRD- ja Py-GC/MS -tekniikoilla. Nämä tekniikat kertovat sen, mitä FTIR-tekniikalla ei varmuudella saada selville. SEM-EDS -tekniikalla saadaan tutkittua kalvoista ja liimoista alkuaineita, XRD-tekniikalla saadaan liimoista esiin niiden täyteaineiden yhdisteet ja Py-GC/MS -tekniikalla voidaan tutkia liimojen orgaanisia yhdisteitä [21]. Edellä mainituilla tekniikoilla saadaan ilmastointiteippien vertailukirjastosta monipuolisempi, mikäli sitä halutaan kehittää eteenpäin.

Lähteet

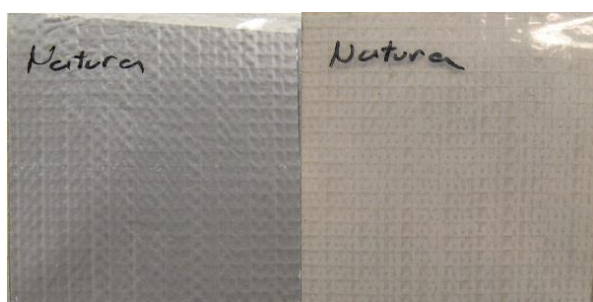
- 1 Pressure sensitive tape council: Glossary. Verkkodokumentti. <<http://www.pstc.org/i4a/pages/index.cfm?pageID=3336>> Viitattu 9.11.2014.
- 2 Tape 101: Understanding the basics of pressure sensitive tapes. Verkkodokumentti. <http://www.tesatape.com/featured/technology_journal/tape-101-understanding-the-basics-of-pressure-sensitive-tapes,8805648,1.html> Viitattu 9.11.2014.
- 3 Smith, Jenny M. 2007. Forensic Examination of Pressure Sensitive Tape. Teoksessa Blackledge, Robert D. Forensic Analysis on the Cutting Edge: New Methods for Trace Evidence Analysis. New Jersey: John Wiley & Sons.
- 4 Guideline for Forensic Examination of Pressure Sensitive Tapes. Verkkodokumentti. <<http://www.swgmat.org/Pressure%20Sensitive%20Tape%20guideline.pdf>> Viitattu 10.11.2014.
- 5 Snowgrass, Hugh. Duct tape analysis as trace evidence. Verkkodokumentti. <<http://swgmat.org/Snodgrass-Duct%20Tape%20Analysis%20as%20Trace%20Evidence.pdf>> Viitattu 9.11.2014.
- 6 Tulleners, Frederic A & Braun, Jerome V. The Statistical Evaluation of Torn and Cut Duct tape Physical End Matching. Verkkodokumentti. <<https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/235287.pdf>> Viitattu 5.12.2014.
- 7 A New Approach for the Analysis of Duct Tape Backings. Verkkodokumentti. <http://www.fbi.gov/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/jan2007/index.htm/research/2007_01_research01.htm> Viitattu 20.11.2014.
- 8 Murphy, Douglas B. & Davidson, Michael W. 2012. Fundamentals of Light Microscopy and Electronic Imaging. Second Edition. New Jersey: John Wiley & Sons. e-kirja: ebrary.com.
- 9 Harris, Daniel C. 2010. Quantitative Chemical Analysis. Eighth edition. U.S.A: W. H. Freeman and Company.
- 10 Patzelt, Walter J. Polarized light microscopy: Principles, instruments, applications. Verkkodokumentti. <http://earth2geologists.net/Microscopes/documents/Leitz_PolarizedLightMicroscopy.pdf> Viitattu 18.12.2014.

- 11 Jaarinen, Soili & Niiranen, Jukka. 2005. Laboratorion analyysitekniikka. 5. - 6. painos. Helsinki: Edita.
- 12 McMurry, John. 2008. Organic Chemistry. Eighth edition. China: Brooks/Cole.
- 13 Stuart, Barbara H. 2004. Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications. Chichester: John Wiley & Sons. e-kirja: ebrary.com.
- 14 Bruker optic GmbH. 2004. Hyperion, Users manual 1st updated edition.
- 15 High-Speed, High-Sensitivity Detectors for Use in the Mid-Infrared Spectral Range. Verkkodokumentti.
<<http://mmrc.caltech.edu/FTIR/Nicolet/Nicolet%20Tech%20Notes/MCT%20detector%20Thermo.pdf>> Viitattu 16.12.2014.
- 16 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). 2007. Verkkodokumentti.
<<http://www2.cemr.wvu.edu/~wu/mae649/ftir.pdf>> Viitattu 10.12.2014.
- 17 Vladimír Setnička. FT-IR Reflection Techniques. Verkkodokumentti.
<<http://old.vscht.cz/anl/vibspec/FTIR%20Reflection%20Techniques.pdf>> Viitattu 12.12.2014.
- 18 Hyperion series FT-IR microscopes. Verkkodokumentti.
<http://www.bruker.com/fileadmin/user_upload/8-PDF-Docs/OpticalSpectroscopy/FT-IR/Hyperion/Brochures/HYPERION_Brochure_EN.pdf> Viitattu 12.12.2014.
- 19 Niiranen, Jonna. 2012. Tekokuitujen ominaisuudet ja tunnistus: Poikkileikkausmenetelmä ja ATR-tekniikka. Opinnäytetyö.
<<http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/50342/tekokuit.pdf?sequence=1>> Viitattu 21.12.2014.
- 20 Operating instructions and adjustment procedure of the ATR-objective 20x. Verkkodokumentti.
<https://www.ccmr.cornell.edu/sites/default/files/facilities%20equipment/ATR20XObjective_UsersManual.PDF> Viitattu 21.12.2014.
- 21 Wright, Diana M. & Mehlretter, Adria H. 2013. Duct Tape Sourcing Examinations: Developing Investigate Leads using Multiple Resources. Federal Bureau of Investigation, Laboratory Division. Verkkodokumentti.
<http://www.pstc.org/files/Wright_Diana.pdf> Viitattu 28.12.2014.

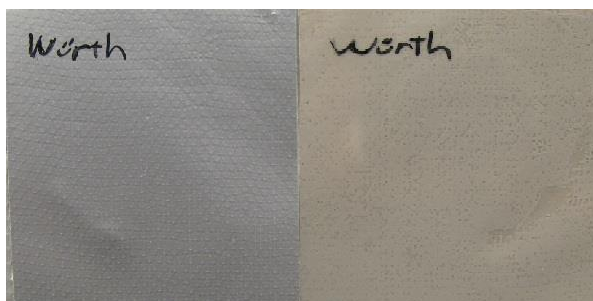
Visuaalinen tarkastelu



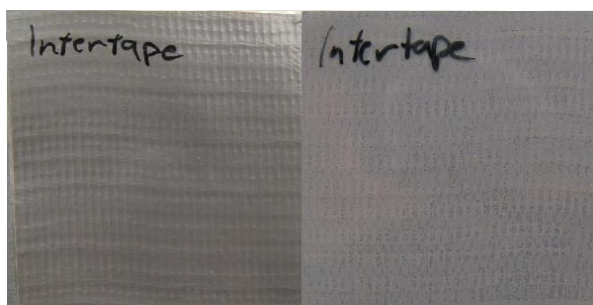
Kuva 1. Vanhemman Advance-teipin kalvon ja liiman värit



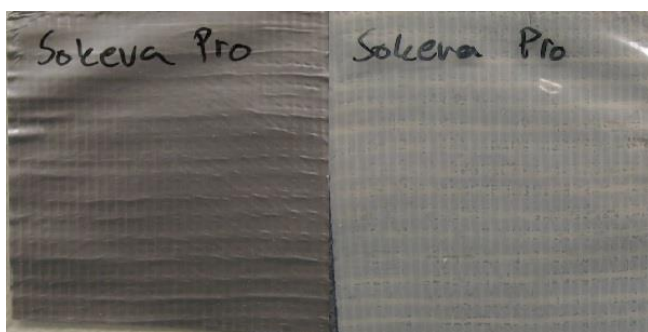
Kuva 2. Natura-teipin kalvon ja liiman värit



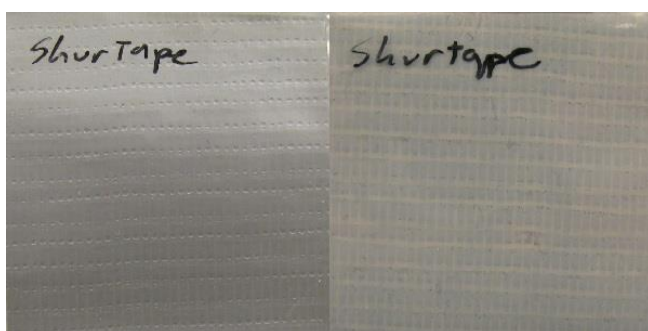
Kuva 3. Würth-teipin kalvon ja liiman väri



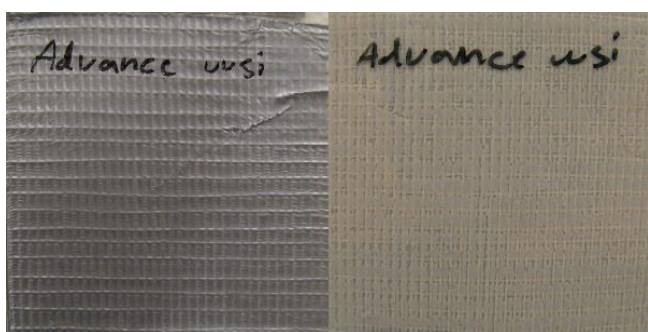
Kuva 4. Intertape-teipin kalvon ja liiman värit



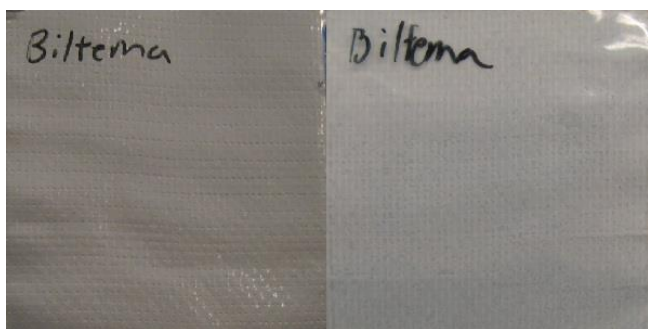
Kuva 5. Sokeva Pro -teipin kalvon ja liiman värit



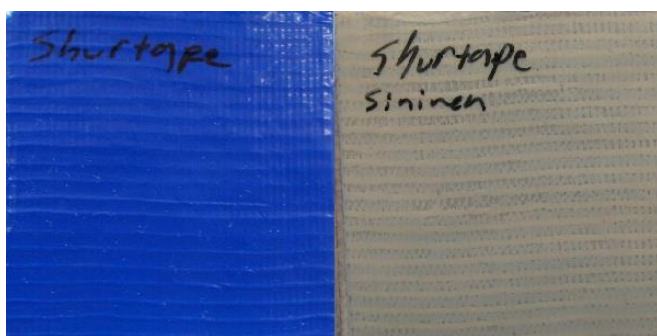
Kuva 6. Shurtape-teipin kalvon ja liiman värit



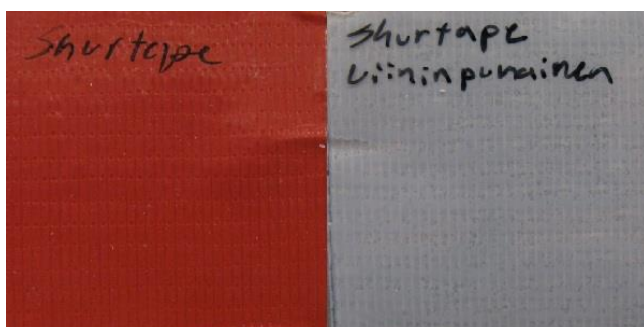
Kuva 7. Uudemman Advance-teipin kalvon ja liiman värit



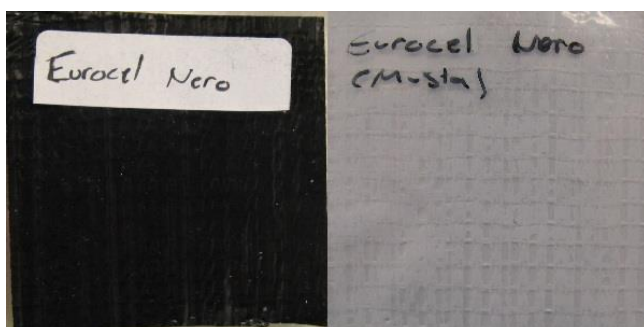
Kuva 8. Biltema-teipin kalvon ja liiman värit



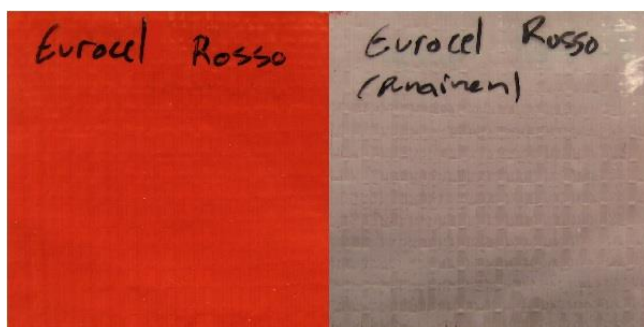
Kuva 9. Sinisen Shurtape-teipin kalvon ja liiman värit



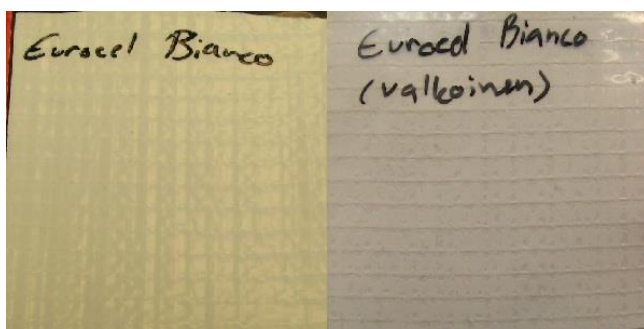
Kuva 10. Viininpunaisen Shurtape-teipin kalvon ja liiman värit



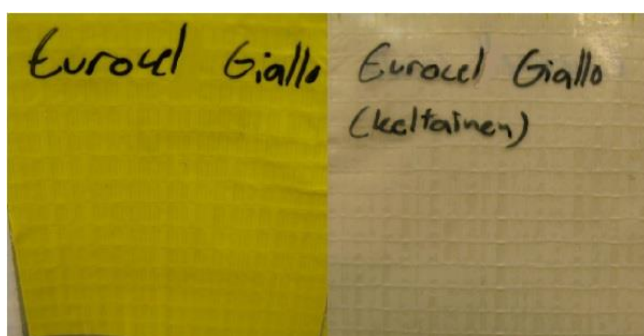
Kuva 11. Eurocel Nero -teipin kalvon ja liiman värit



Kuva 12. Eurocel Rosso -teipin kalvon ja liiman värit



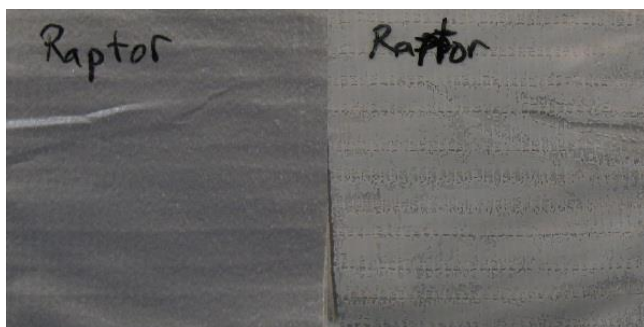
Kuva 13. Eurocel Bianco -teipin kalvon ja liiman värit



Kuva 14. Eurocel Giallo -teipin kalvon ja liiman värit



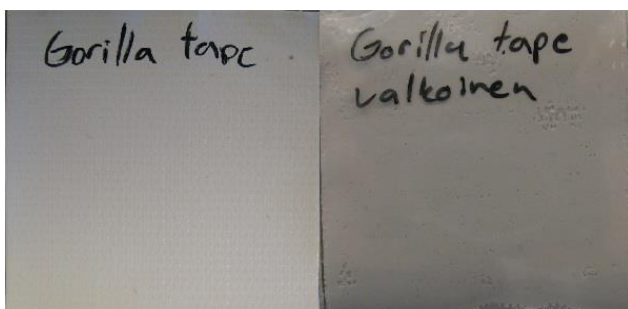
Kuva 15. TN-15CBY/W -teipin kalvon ja liiman värit



Kuva 16. Raptor-teipin kalvon ja liiman värit



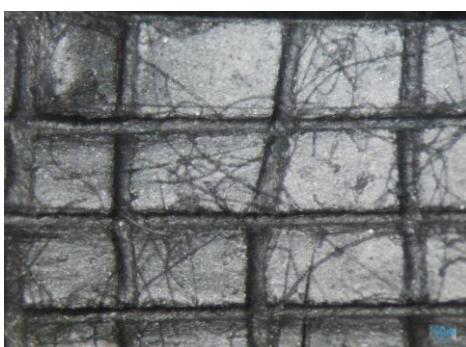
Kuva 17. Mustan Gorilla tape -teipin kalvon ja liiman värit



Kuva 18. Valkoisen Gorilla tape -teipin kalvon ja liiman värit



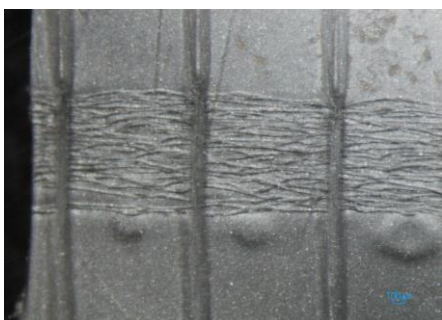
Kuva 19. Würth-teipin kalvon pinnan painaumat 8x suurennoksella



Kuva 20. Würth-teipin kalvon alapuolen painaumat tukilangoituksesta 20x suurennoksella



Kuva 21. Harmaan Shurtape-teipin kalvon pinnan painaumat 8x suurennoksella



Kuva 22. Harmaan Shurtape-teipin kalvon alapuolen painaumat tukilangoituksesta 20x suurennoksella



Kuva 23. Biltema-teipin kalvon pinnan painaumat 8x suurennoksella



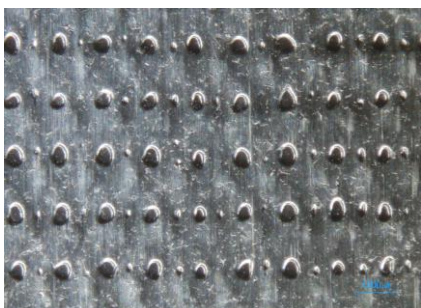
Kuva 24. Biltema-teipin kalvon alapuolen painaumat tukilangoituksesta 8x suurennoksella



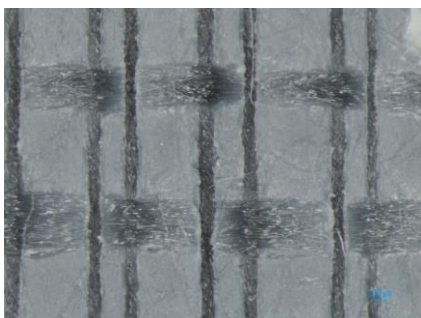
Kuva 25. Viininpunaisen Shurtape-teipin kalvon pinnan painaumat 8x suurennoksella



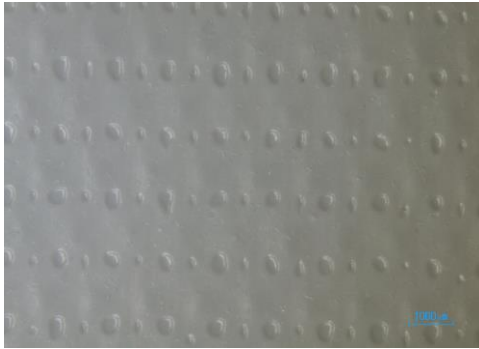
Kuva 26. Viininpunaisen Shurtape-teipin kalvon alapuolen painaumat tukilangoituksesta 20x suurennoksella



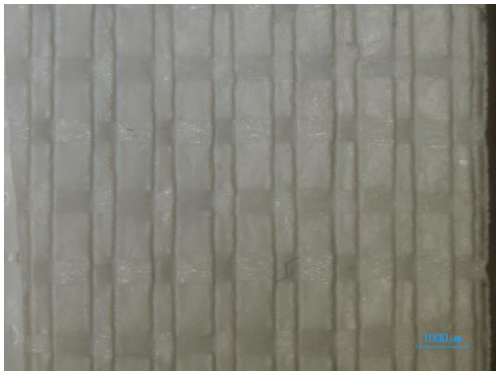
Kuva 27. Mustan Gorilla tape -teipin kalvon pinnan painaumat 8x suurennoksella



Kuva 28. Mustan Gorilla tape -teipin kalvon alapuolen painaumat tukilangoituksesta 20x suurennoksella

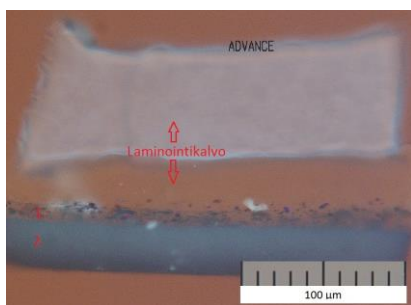


Kuva 29. Valkoisen Gorilla tape -teipin kalvon pinnan painaumat 8x suurennoksella

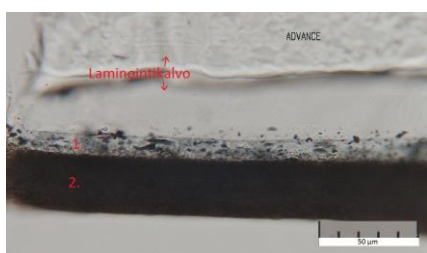


Kuva 30. Valkoisen Gorilla tape -teipin kalvon alapuolen painaumat tukilangoituksesta 8x suurennoksella

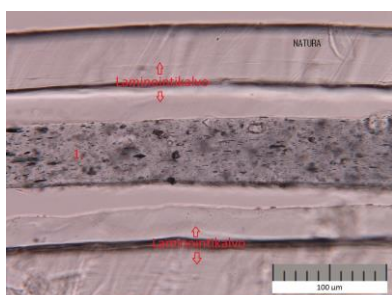
Kalvojen poikkileikkaukset



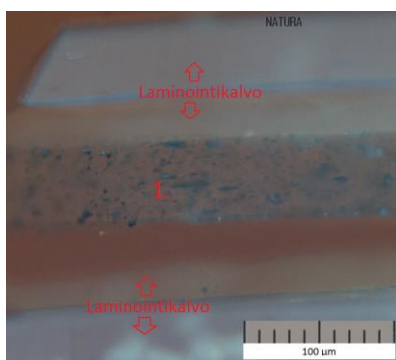
Kuva 1. Vanhemman Advance-teipin poikkileikkaus 40x suurennoksella



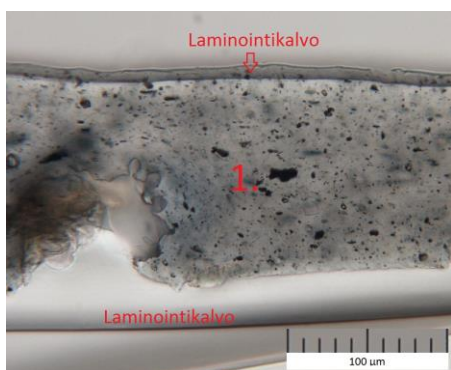
Kuva 2. Vanhemman Advance-teipin poikkileikkaus fluoresenssilla 25x suurennoksella



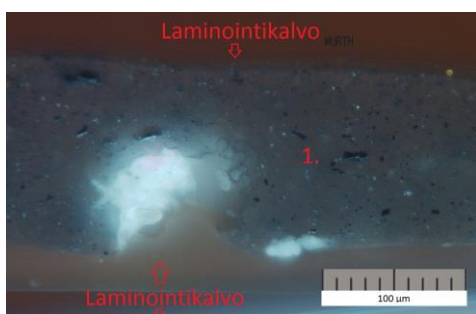
Kuva 3. Natura-teipin poikkileikkaus 25x suurennoksella



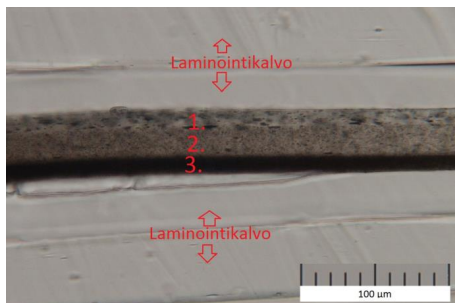
Kuva 4. Natura-teipin poikkileikkaus fluoresenssilla 25x suurennoksella



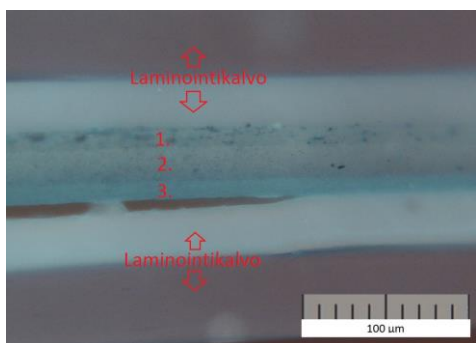
Kuva 5. Würth-teipin poikkileikkaus 25x suurennoksella



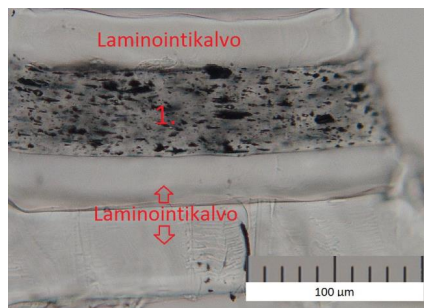
Kuva 6. Würth-teipin poikkileikkaus fluoressilla 25x suurennoksella



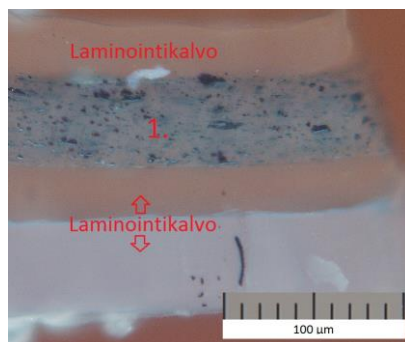
Kuva 7. Intertape-teipin poikkileikkaus 25x suurennoksella



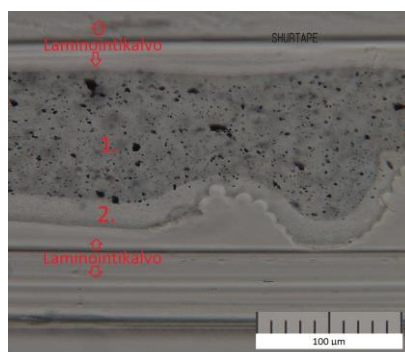
Kuva 8. Intertape-teipin poikkileikkaus fluoressilla 25x suurennoksella



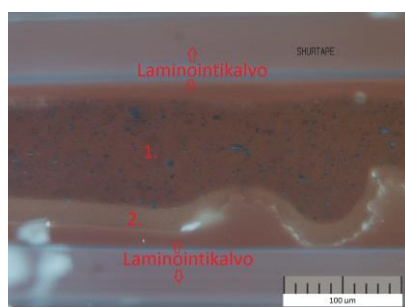
Kuva 9. Sokeva Pro -teipin poikkileikkaus 25x suurennoksella



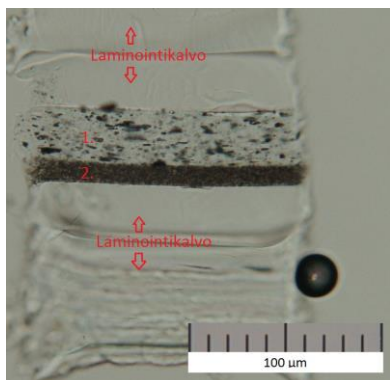
Kuva 10. Sokeva Pro -teipin poikkileikkaus fluoresenssilla 25x suurennoksella



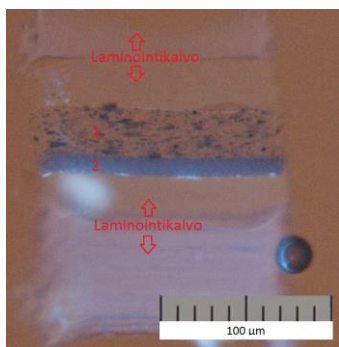
Kuva 11. Harmaan Shurtape-teipin poikkileikkaus 25x suurennoksella



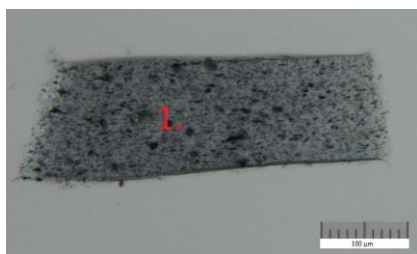
Kuva 12. Harmaan Shurtape-teipin poikkileikkaus fluoresenssilla 25x suurennoksella



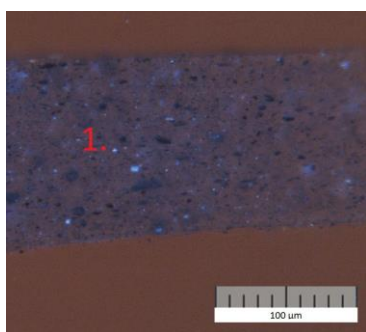
Kuva 13. Uudemman Advance-teipin poikkileikkaus 25x suurennoksella



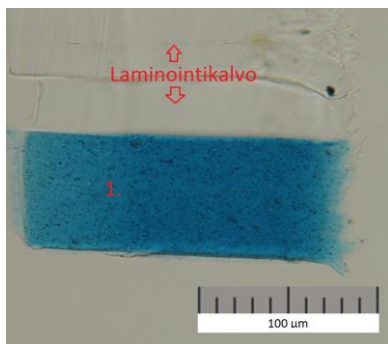
Kuva 14. Uudemman Advance-teipin poikkileikkaus fluoresenssilla 25x suurennoksella



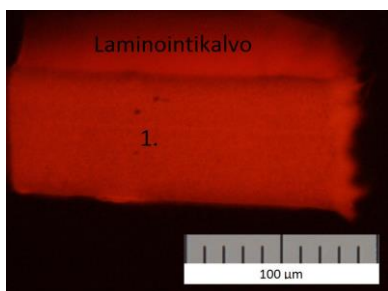
Kuva 15. Biltema-teipin poikkileikkaus 10x suurennoksella



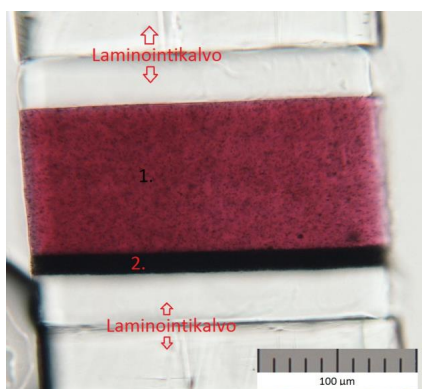
Kuva 16. Biltema-teipin poikkileikkaus fluoresenssilla 25x suurennoksella



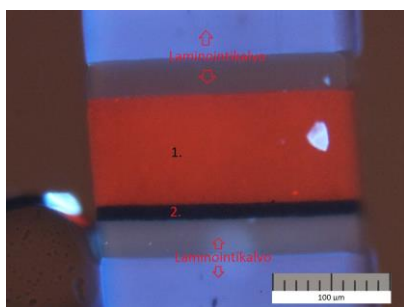
Kuva 17. Sinisen Shurtape-teipin poikkileikkaus 25x suurennoksella



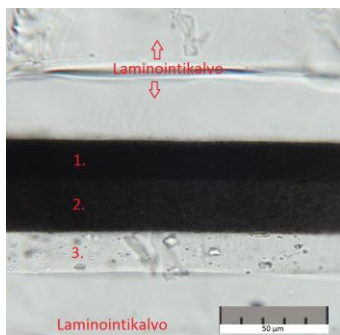
Kuva 18. Sinisen Shurtape-teipin poikkileikkaus fluoresenssilla 25x suurennoksella



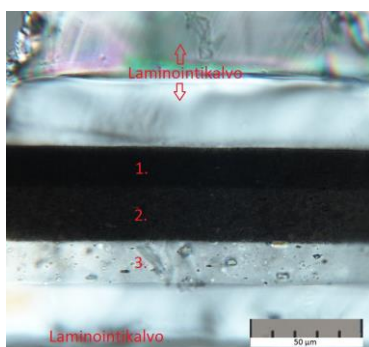
Kuva 19. Viininpunaisen Shurtape-teipin poikkileikkaus 25x suurennoksella



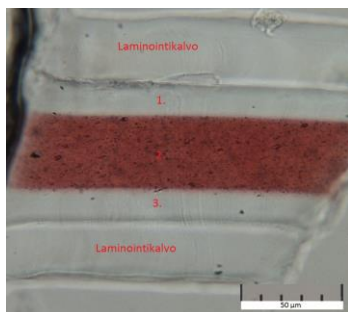
Kuva 20. Viininpunaisen Shurtape-teipin poikkileikkaus fluoresenssilla 25x suurennoksella



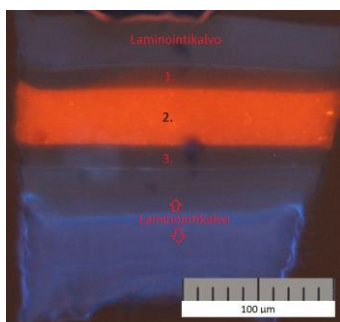
Kuva 21. Eurocel Nero -teipin poikkileikkaus 40x suurennoksella



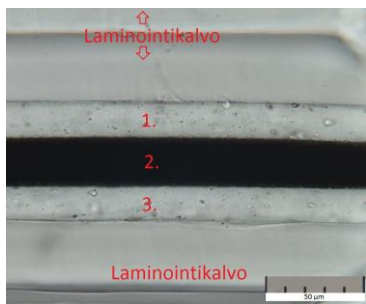
Kuva 22. Eurocel Nero -teipin poikkileikkaus polarisaatiolla 40x suurennoksella



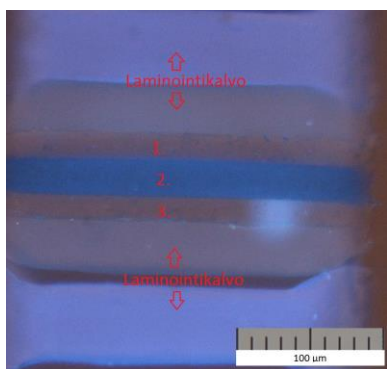
Kuva 23. Eurocel Rosso -teipin poikkileikkaus 40x suurennoksella



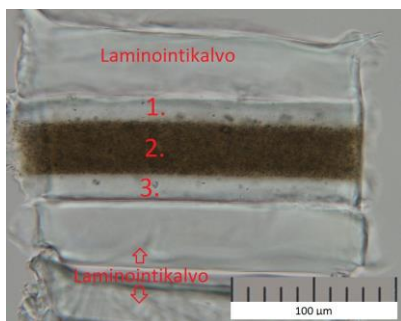
Kuva 24. Eurocel Rosso -teipin poikkileikkaus fluoressilla 25x suurennoksella



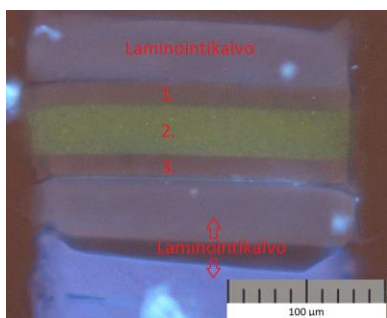
Kuva 25. Eurocel Bianco -teipin poikkileikkaus 40x suurennoksella



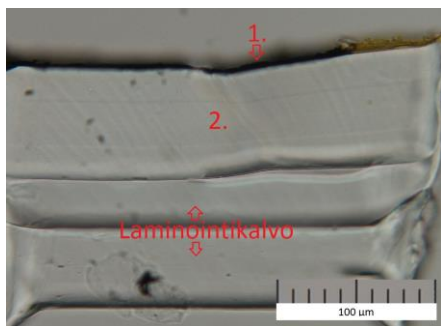
Kuva 26. Eurocel Bianco -teipin poikkileikkaus fluoresenssilla 25x suurennoksella



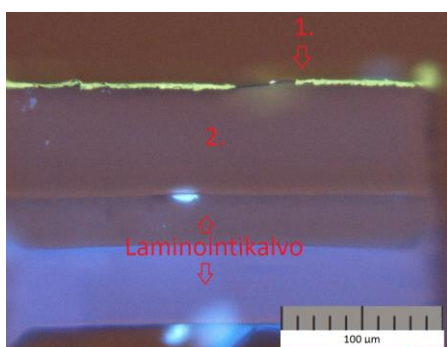
Kuva 27. Eurocel Giallo -teipin poikkileikkaus 25x suurennoksella



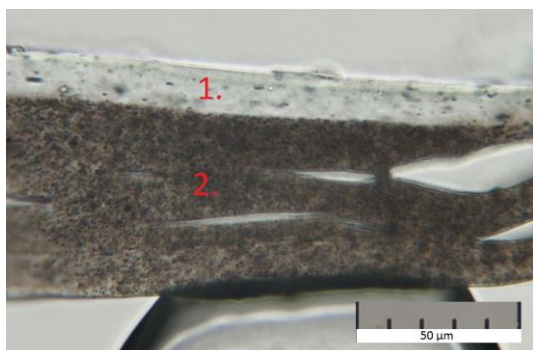
Kuva 28. Eurocel Giallo -teipin poikkileikkaus fluoresenssilla 25x suurennoksella



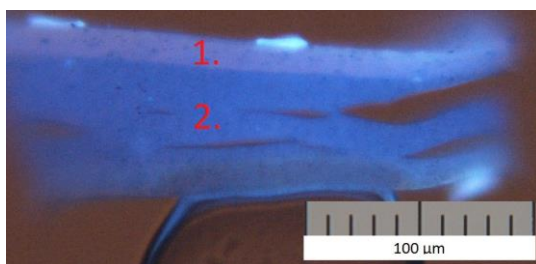
Kuva 29. TN15-CBY/W -teipin poikkileikkaus 25x suurennoksella



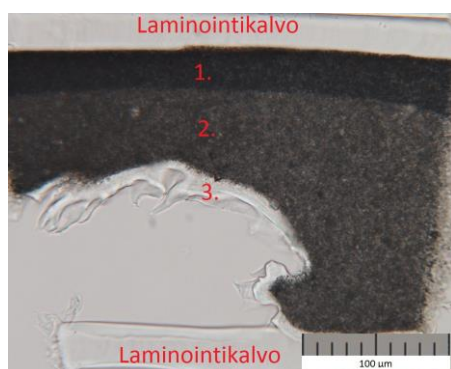
Kuva 30. TN15-CBY/W -teipin poikkileikkaus fluoressenssilla 25x suurennoksella



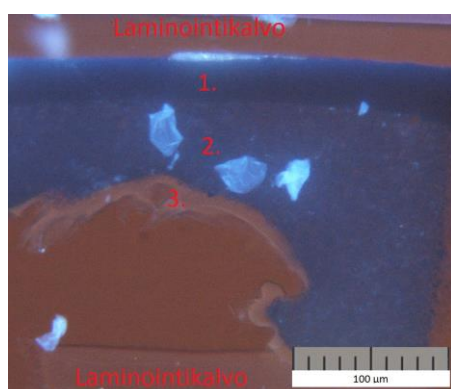
Kuva 31. Raptor-teipin poikkileikkaus 40x suurennoksella



Kuva 32. Raptor-teipin poikkileikkaus fluoressenssilla 25x suurennoksella



Kuva 33. Valkoisen Gorilla tape -teipin poikkileikkaus 25x suurennoksella



Kuva 34. Valkoisen Gorilla tape -teipin poikkileikkaus fluoresenssilla 25x suurennoksella

Tukilangoituksen kudeluku- ja malli



Kuva 1. Vanhemman Advance-teipin kudeluku, liima on liuotettu lakkabensiiniin



Kuva 2. Vanhemman Advance-teipin kuderakenne 20x suurennoksella



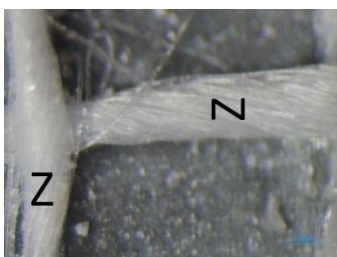
Kuva 3. Natura-teipin kudeluku, liima on liuotettu heksaaniin



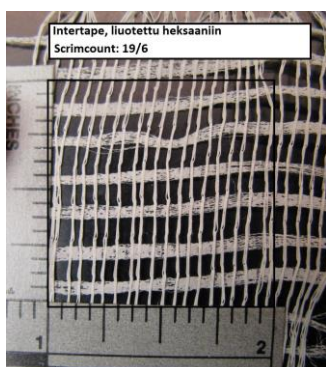
Kuva 4. Natura-teipin kuderakenne 20x suurennoksella



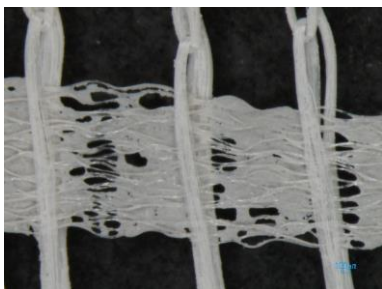
Kuva 5. Würth-teipin kudeluku, liima on liuotettu heksaaniin



Kuva 6. Würth-teipin kuderakenne 80x suurennoksella



Kuva 7. Intertape-teipin kudeluku, liima on liuotettu heksaaniin



Kuva 8. Intertape-teipin kuderakenne 20x suurennoksella



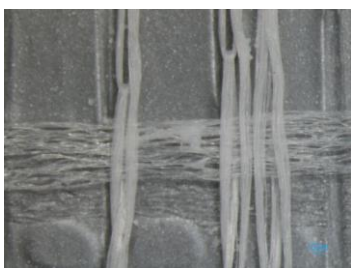
Kuva 9. Sokeva Pro -teipin kudelukku, liima on liuotettu heksaaniin



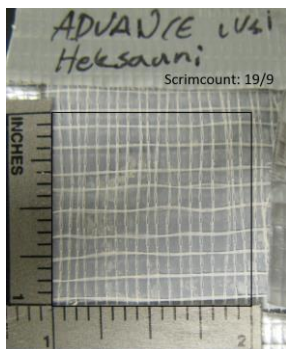
Kuva 10. Sokeva Pro -teipin kuderakenne 20x suurennoksella



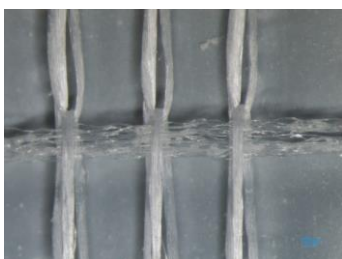
Kuva 11. Harmaan Shurtape-teipin kudelukku, liima on liuotettu heksaaniin



Kuva 12. Harmaan Shurtape-teipin kuderakenne 20x suurennoksella



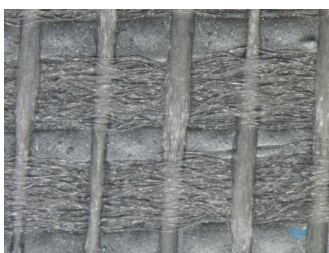
Kuva 13. Uudemman Advance-teipin kudeluksi, liima on liuotettu heksaanin



Kuva 14. Uudemman Advance-teipin kuderakenne 20x suurennoksella



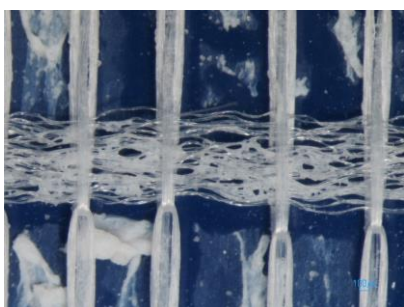
Kuva 15. Biltema-teipin kudeluksi, liima on liuotettu lakkabensiiniin



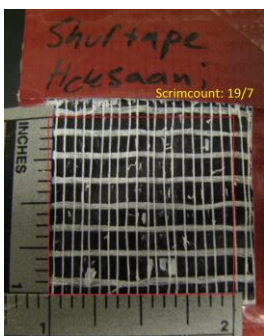
Kuva 16. Biltema-teipin kuderakenne 20x suurennoksella



Kuva 17. Sinisen Shurtape-teipin kudeluku, liima on liuotettu heksaaniin



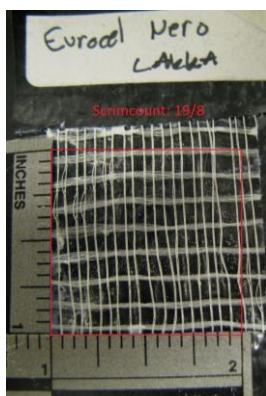
Kuva 18. Sinisen Shurtape-teipin kuderakenne 20x suurennoksella



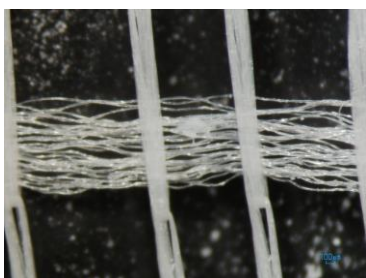
Kuva 19. Viininpunaisen Shurtape-teipin kudeluku, liima on liuotettu heksaaniin



Kuva 20. Viininpunaisen Shurtape-teipin kuderakenne 20x suurennoksella



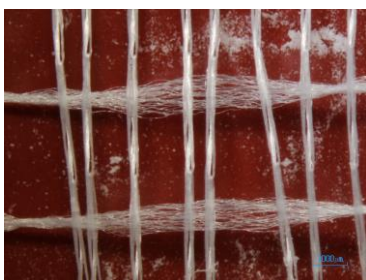
Kuva 21. Eurocel Nero -teipin kudeluksu, liima on liuotettu lakkabensiiniin



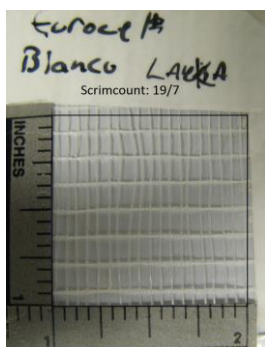
Kuva 22. Eurocel Nero -teipin kuderakenne 20x suurennoksella



Kuva 23. Eurocel Rosso -teipin kudeluksu, liima on liuotettu lakkabensiiniin



Kuva 24. Eurocel Rosso -teipin kuderakenne 8x suurennoksella



Kuva 25. Eurocel Bianco -teipin kudeluksi, liima on liuotettu lakkabensiiniin



Kuva 26. Eurocel Bianco -teipin kuderakenne 8x suurennoksella



Kuva 27. Eurocel Giallo -teipin kudeluksi, liima on liuotettu lakkabensiiniin



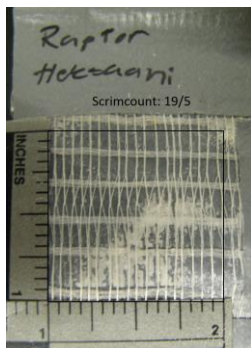
Kuva 28. Eurocel Giallo -teipin kuderakenne 8x suurennoksella



Kuva 29. TN15-CBY/W -teipin kudeluuku



Kuva 30. TN15-CBY/W teipin kuderakenne 8x suurennoksella



Kuva 31. Raptor-teipin kudeluuku, liima on liuotettu heksaaniin



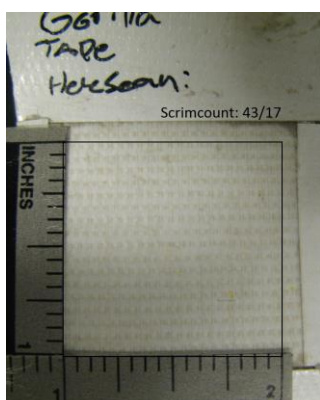
Kuva 32. Raptor-teipin kuderakenne 8x suurennoksella



Kuva 33. Mustan Gorilla tape -teipin kudeluku, liima on liuotettu heksaaniin



Kuva 34. Mustan Gorilla tape -teipin kuderakenne 20x suurennoksella

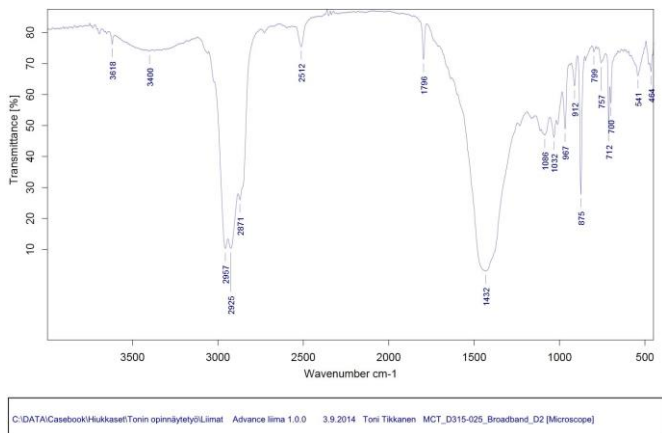


Kuva 35. Valkoisen Gorilla tape -teipin kudeluku, liima on liuotettu heksaaniin

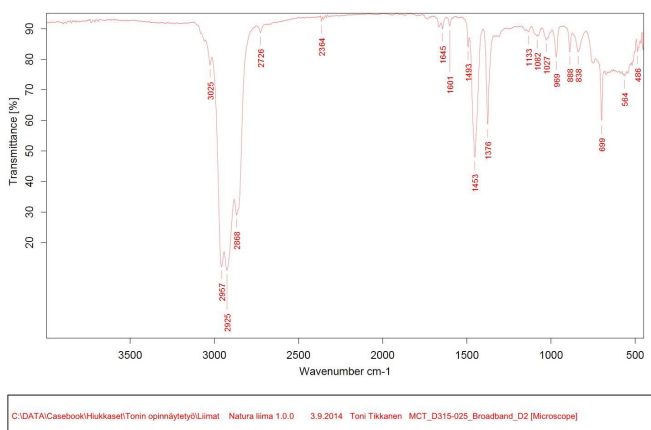


Kuva 36. Valkoisen Gorilla tape -teipin kuderakenne 8x suurennoksella

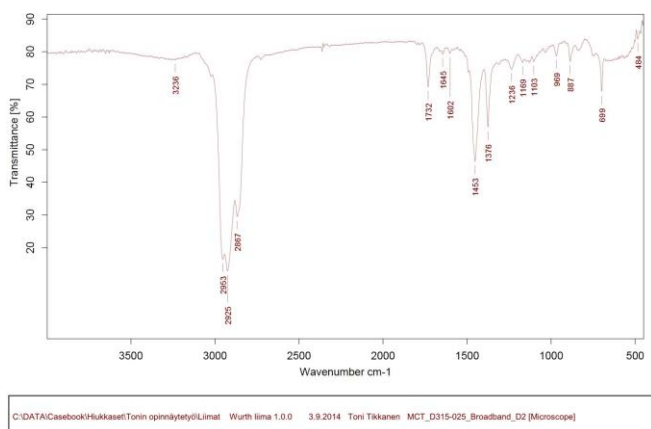
Liimojen IR-spektrit



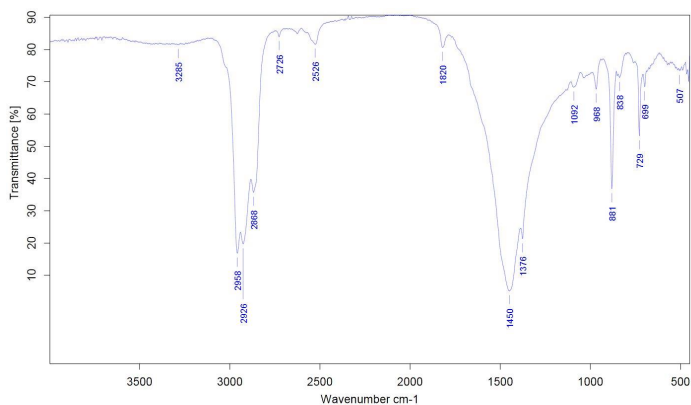
Kuva 1. Vanhemman Advance-teipin liiman IR-spektri



Kuva 2. Natura-teipin liiman IR-spektri

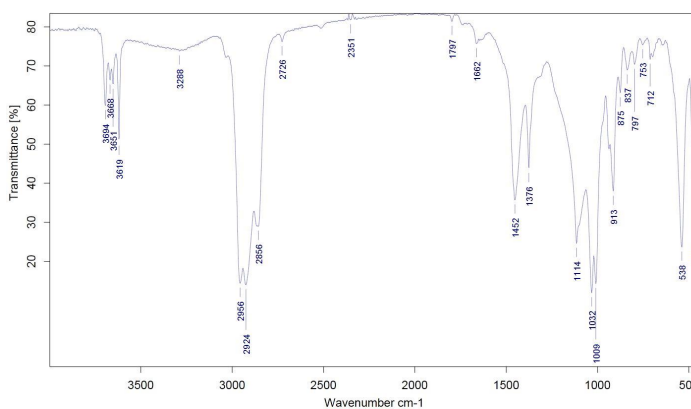


Kuva 3. Würth-teipin liiman IR-spektri



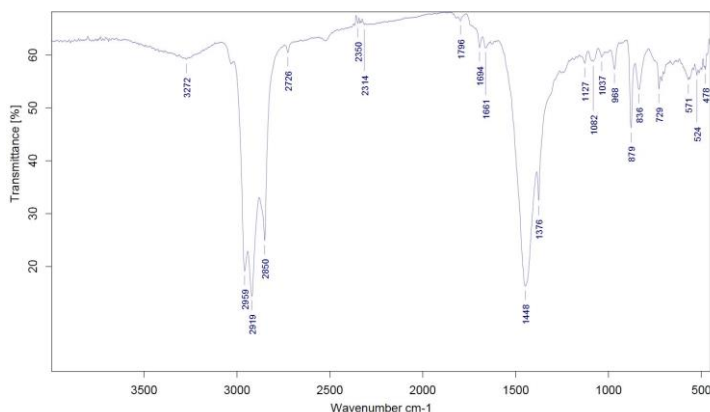
C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinnäytetyö\Limat Intertape liima 1.0.0 3.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 4. Intertape-teipin liiman IR-spektri



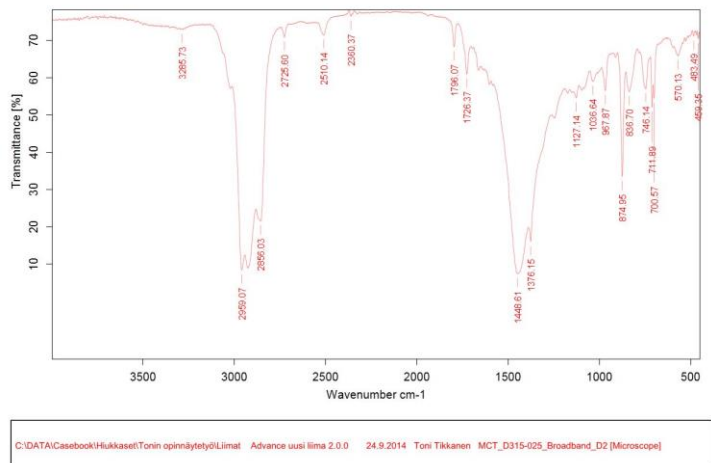
C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinnäytetyö\Limat Sokeva Pro liima 1.0.0 3.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 5. Sokeva Pro -teipin liiman IR-spektri

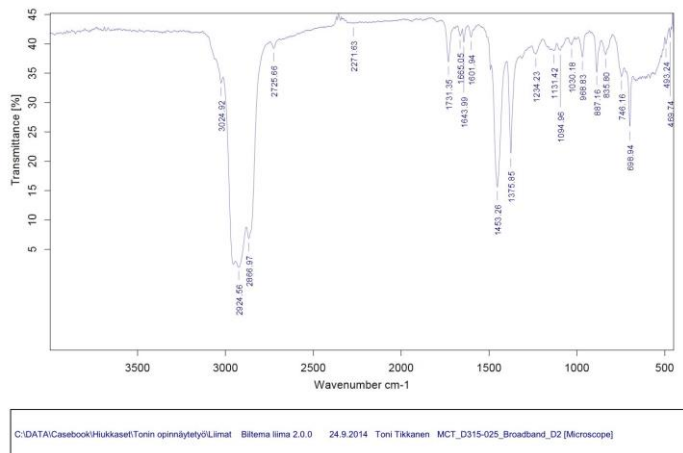


C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinnäytetyö\Limat Shurtape liima 1.0.0 3.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

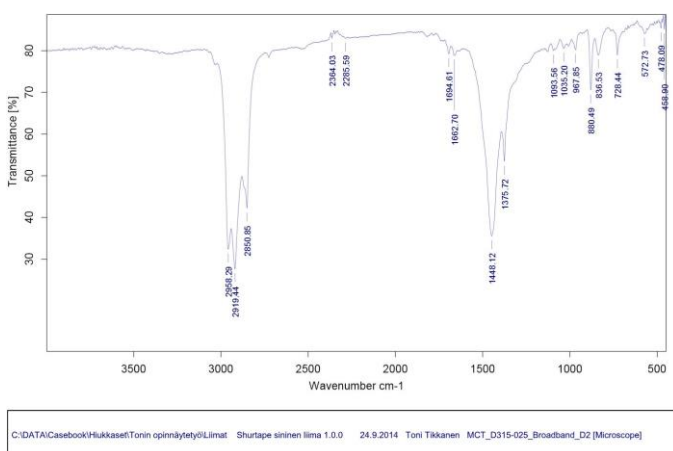
Kuva 6. Harmaan Shurtape-teipin IR-spektri



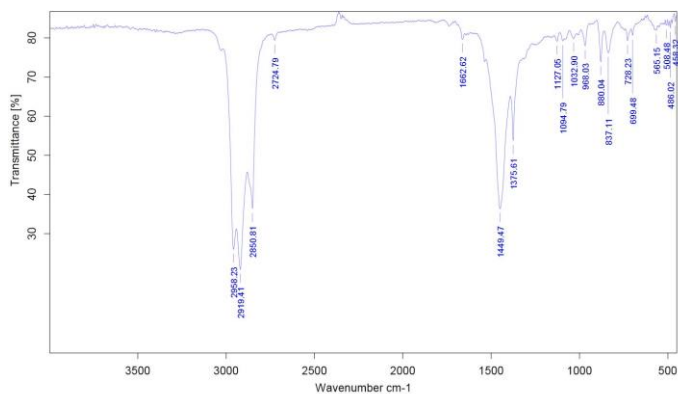
Kuva 7. Uudemman Advance-teipin liiman IR-spektri



Kuva 8. Biltema-teipin liiman IR-spektri

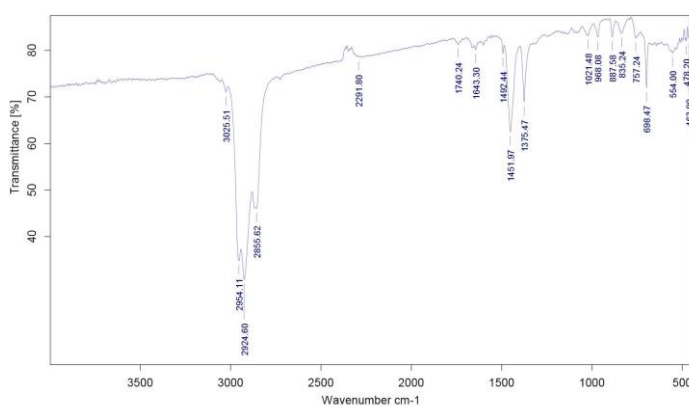


Kuva 9. Sinisen Shurtape-teipin liiman IR-spektri



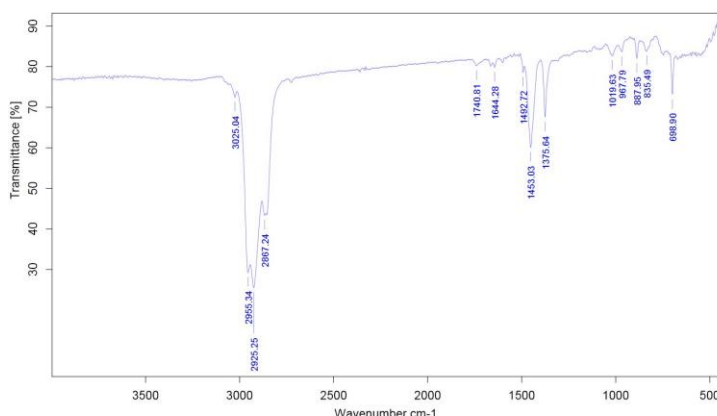
C:\DATA\Casebook\Hiukkaset\Tonin opinnäytetyö\Liimat Shurtape viinipunainen liima 1.0.0 24.9.2014 Tori Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuvio 1. Viinipunaisen Shurtape-teipin liiman IR-spektri



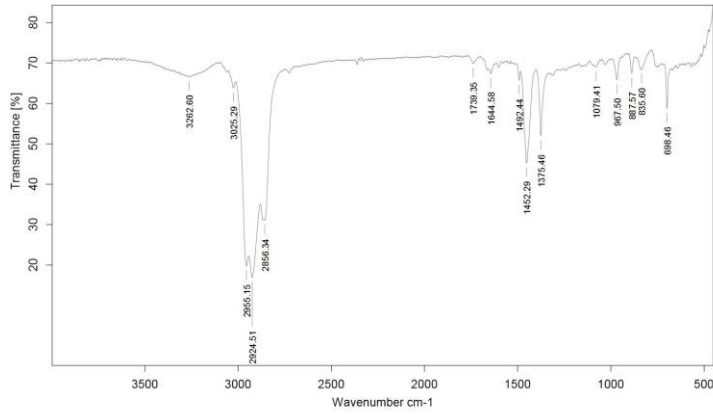
C:\DATA\Casebook\Hiukkaset\Tonin opinnäytetyö\Liimat Eurocel Nero liima 1.0.0 24.9.2014 Tori Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 10. Eurocel Nero -teipin liiman IR-spektri



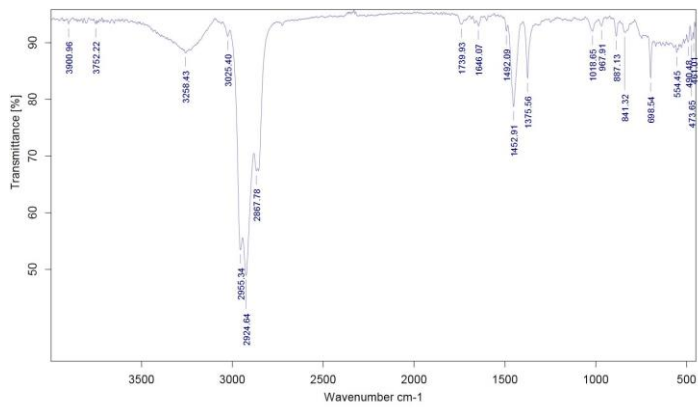
C:\DATA\Casebook\Hiukkaset\Tonin opinnäytetyö\Liimat Eurocel Rosso.0.0 25.9.2014 Tori Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 11. Eurocel Rosso -teipin liiman IR-spektri



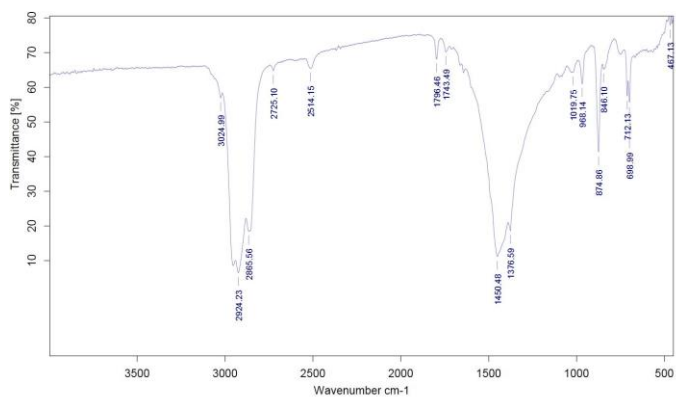
C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinnäytetyö\Limat Eurocel Bianco liima 2.0.0 25.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 12. Eurocel Bianco -teipin liiman IR-spektri



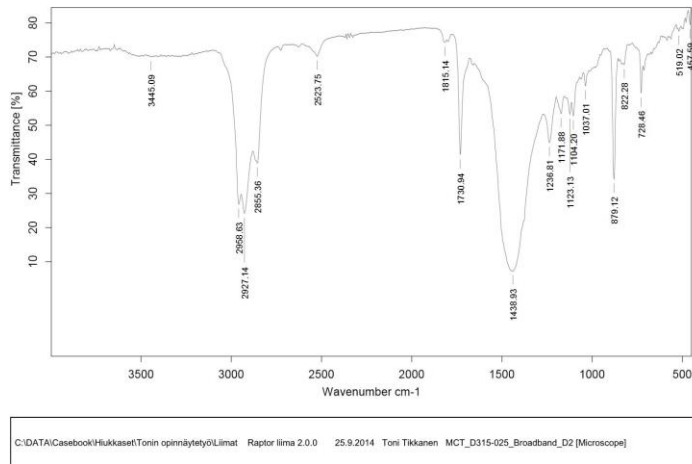
C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinnäytetyö\Limat Eurocel Giallo liima 1.0.0 25.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 13. Eurocel Giallo -teipin liiman IR-spektri

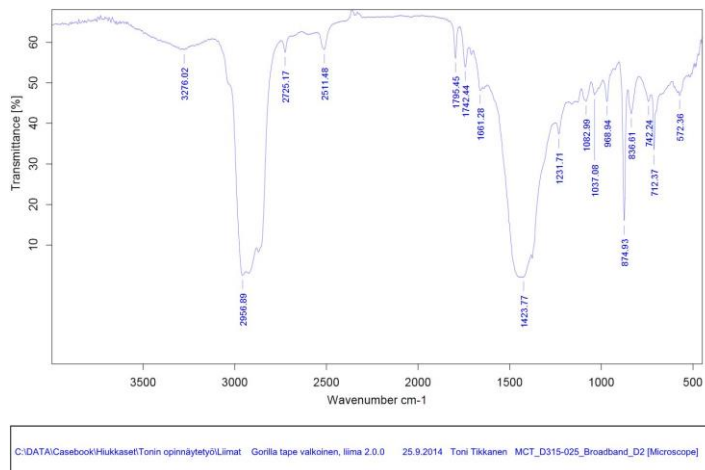


C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinnäytetyö\Limat TN-15CBY/W liima 1.0.0 25.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

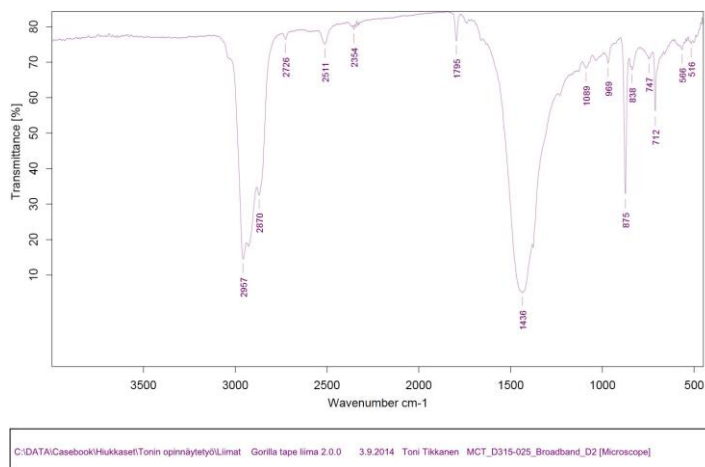
Kuva 14. TN15-CBY/W -teipin liiman IR-spektri



Kuva 15. Raptor-teipin liiman IR-spektri

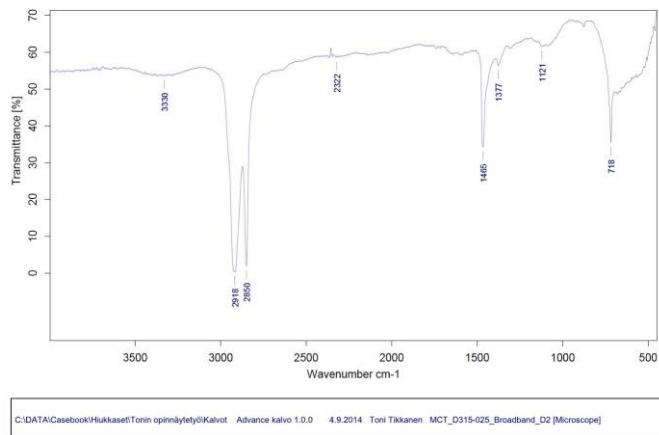


Kuva 16. Valkoisen Gorilla tape -teipin liiman IR-spektri

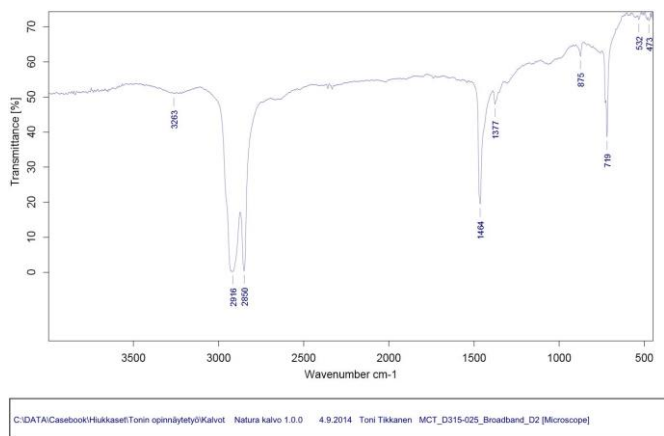


Kuva 17. Mustan Gorilla tape -teipin liiman IR-spektri

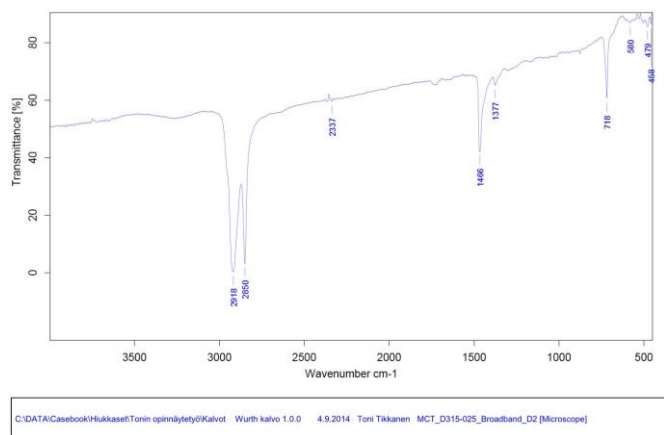
Kalvojen IR-spektrit



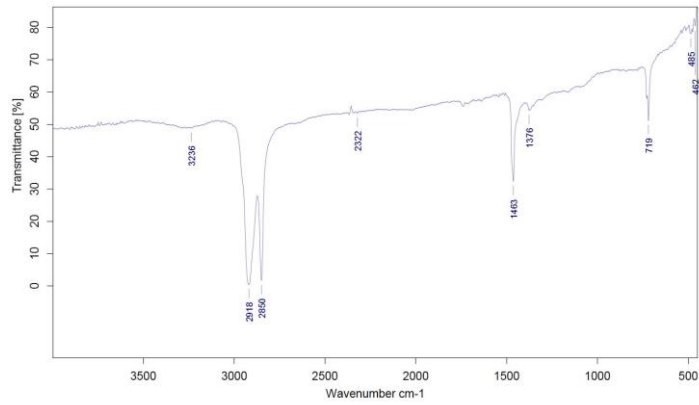
Kuva 1. Vanhemman Advance-teipin kalvon IR-spektri



Kuva 2. Natura-teipin kalvon IR-spektri

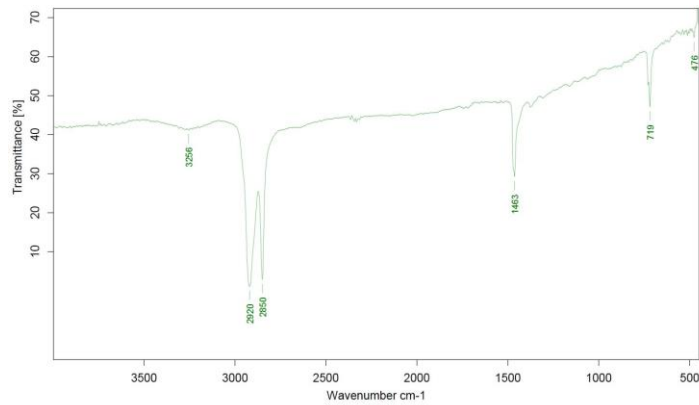


Kuva 3. Würth-teipin kalvon IR-spektri



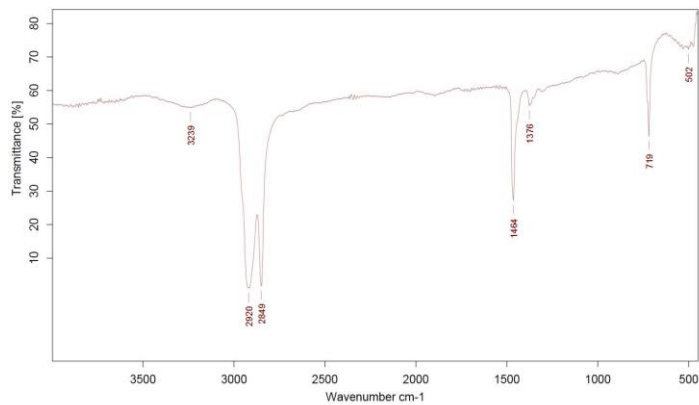
C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinmäytely\Kalvot Intertape kalvo 1.0.0 4.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 4. Intertape-teipin kalvon IR-spektri



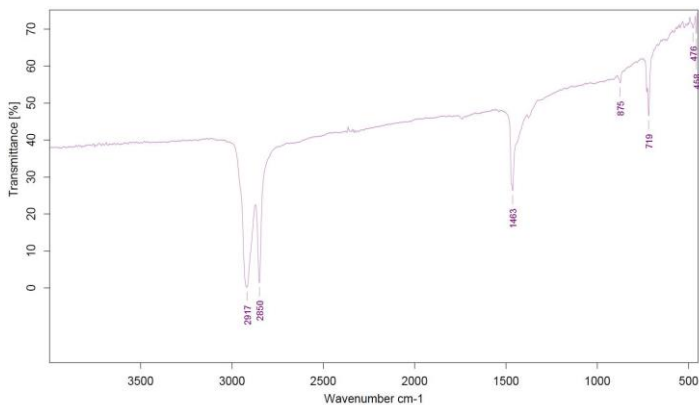
C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinmäytely\Kalvot Sokeva Pro kalvo 1.0.0 4.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 5. Sokeva Pro -teipin kalvon IR-spektri



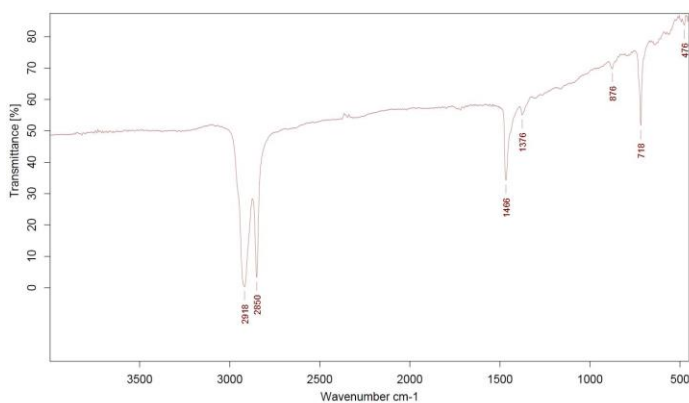
C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinmäytely\Kalvot Shurtape kalvo 1.0.0 4.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 6. Harmaan Shurtape-teipin kalvon IR-spektri



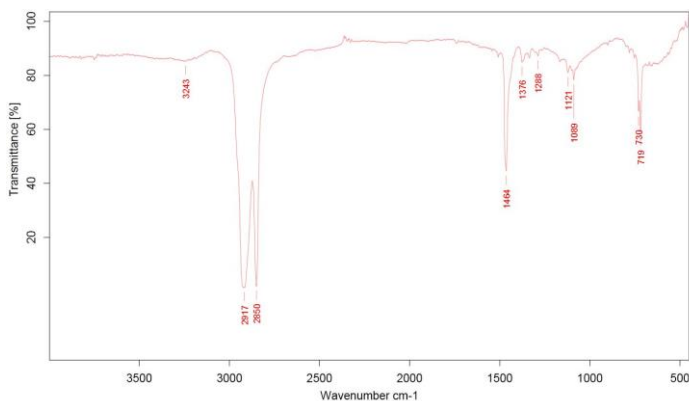
C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinnäytetyö\Kalvot Advance uusi kalvo 2.0.0 26.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 7. Uudemman Advance-teipin kalvon IR-spektri



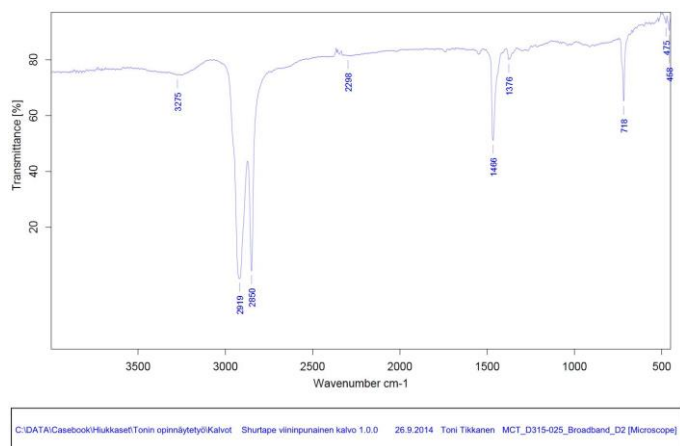
C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinnäytetyö\Kalvot Bitema kalvo 1.0.0 26.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 8. Bitema-teipin kalvon IR-spektri

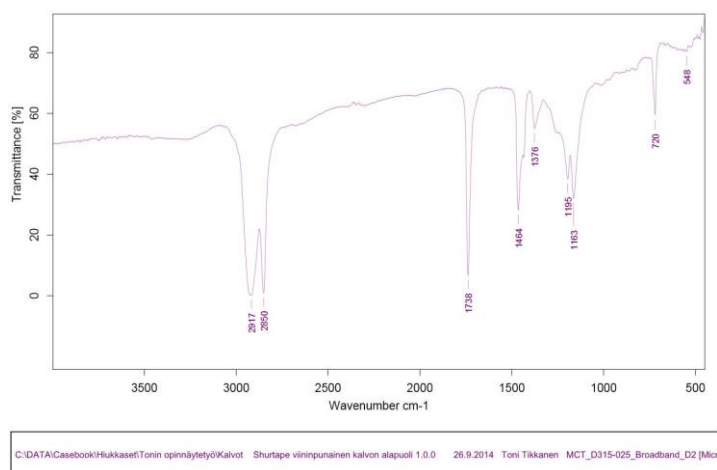


C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinnäytetyö\Kalvot Shurtape sininen kalvo 1.0.0 26.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

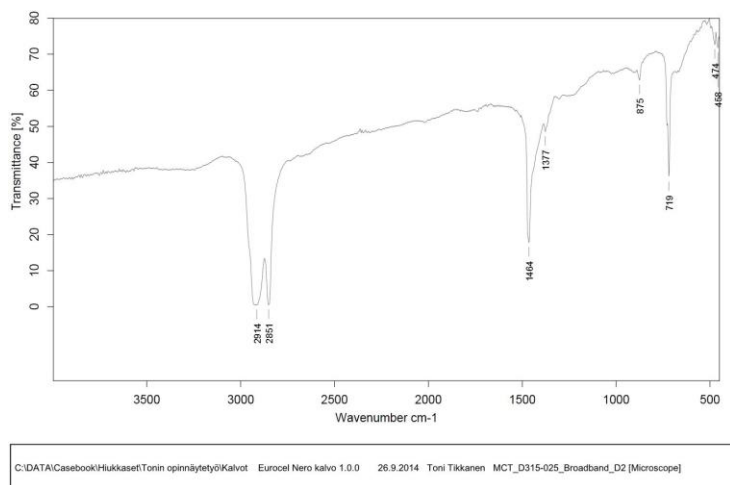
Kuva 9. Sinisen Shurtape-teipin kalvon IR-spektri



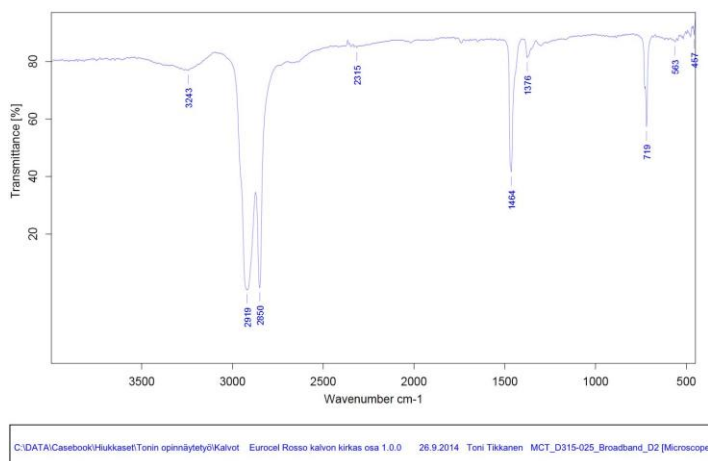
Kuva 10. Viininpunaisen Shurtape-teipin kalvon päältä IR-spektri



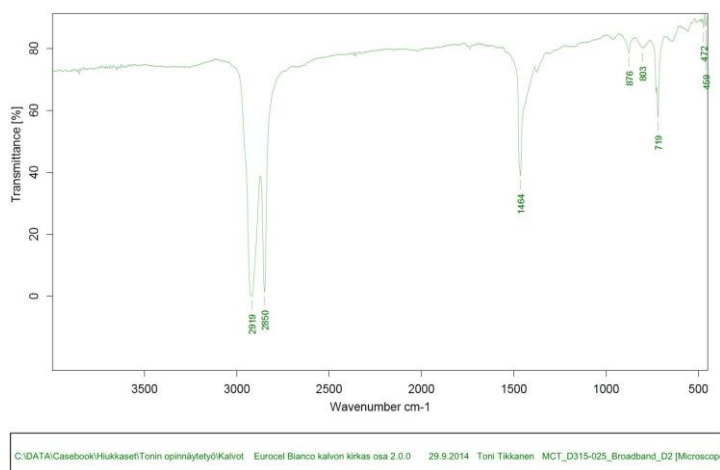
Kuva 11. Viininpunaisen Shurtape-teipin kalvon alta IR-spektri



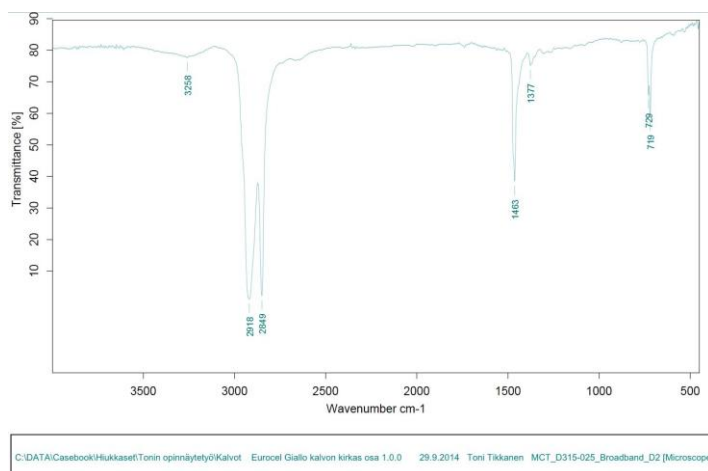
Kuva 12. Eurocel Nero -teipin kalvon IR-spektri



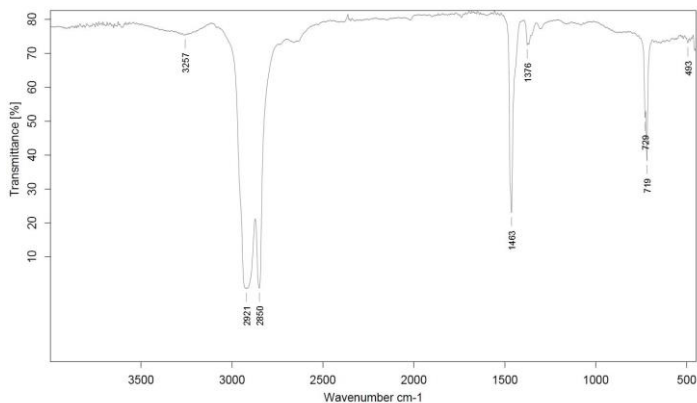
Kuva 13. Eurocel Rosso -teipin kalvon IR-spektri



Kuva 14. Eurocel Bianco -teipin kalvon IR-spektri

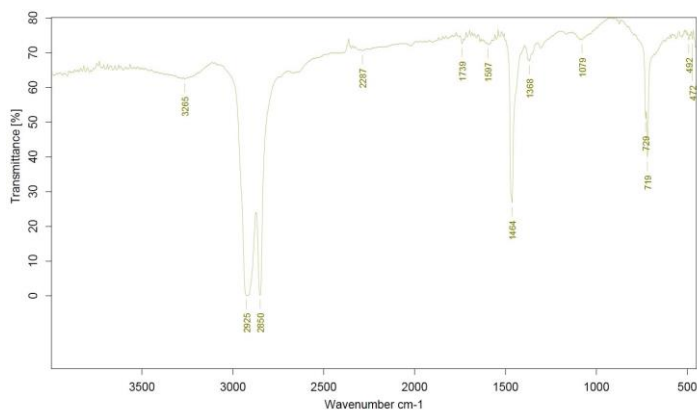


Kuva 15. Eurocel Giallo -teipin kalvon IR-spektri



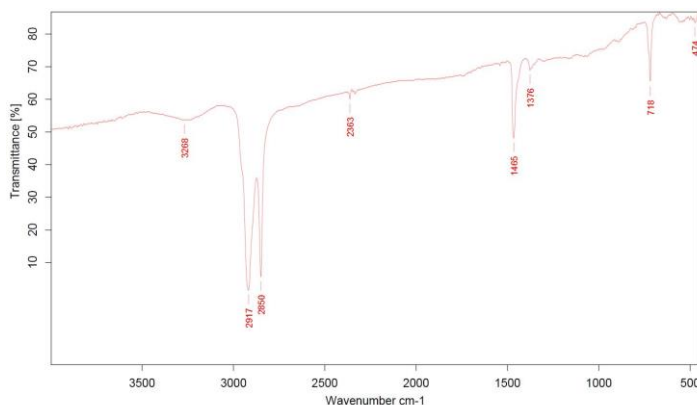
C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinäytely\Kalvot TN15CBY kalvon kirkas osa 1.0.0 29.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 16. TN15-CBY/W -teipin kalvon kirkkaan osan IR-spektri



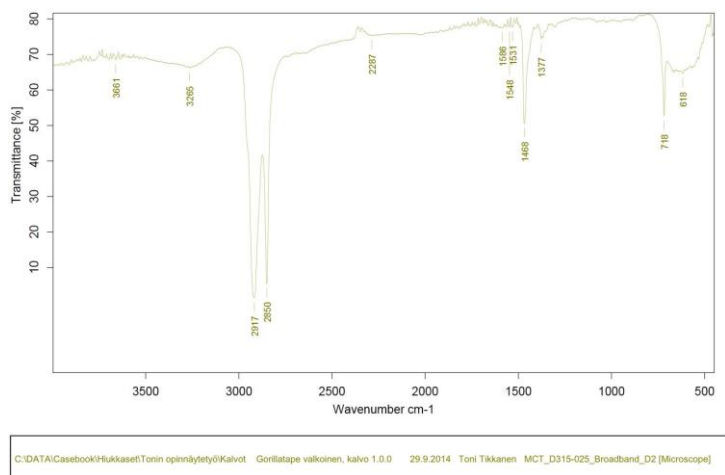
C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinäytely\Kalvot Raptor kalvo 1.3.0 29.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 17. Raptor-teipin kalvon IR-spektri



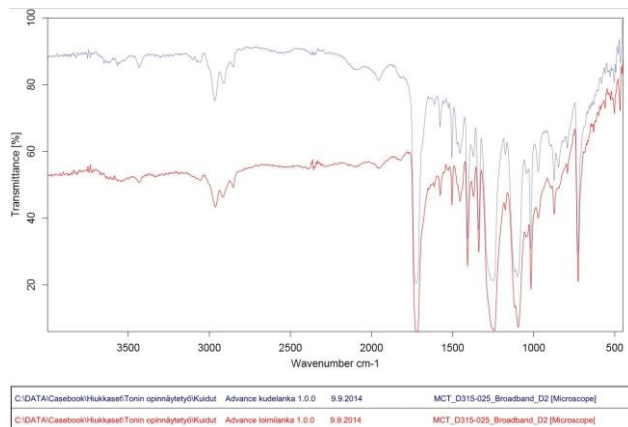
C:\DATA\Casebook\Hukkaset\Tonin opinäytely\Kalvot Gorilla tape kalvo 1.0.0 4.9.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 18. Mustan Gorilla tape -teipin kalvon IR-spektri

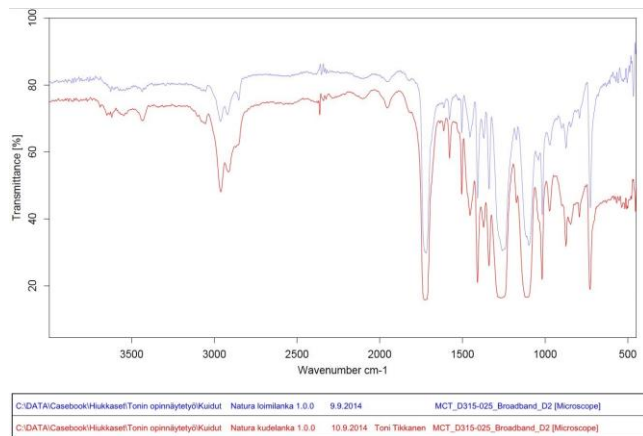


Kuva 19. Valkoisen Gorilla tape -teipin kalvon IR-spektri

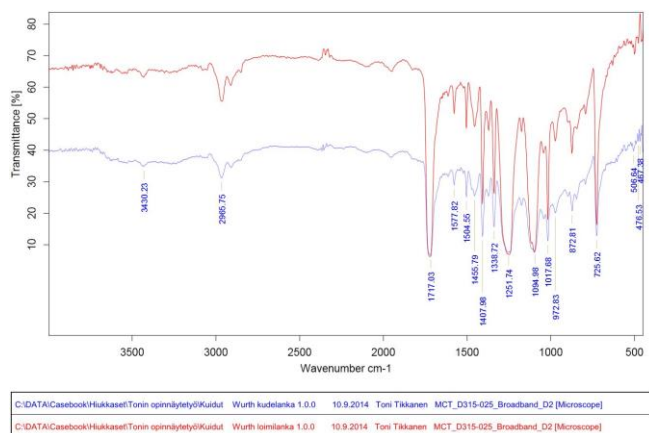
Tukilangoituksien kuitujen IR-spektrit



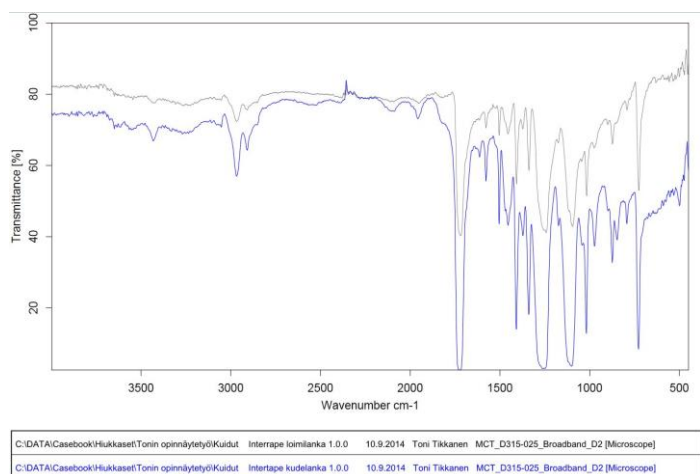
Kuva 1. Vanhemman Advance-teipin kuitujen IR-spektrit



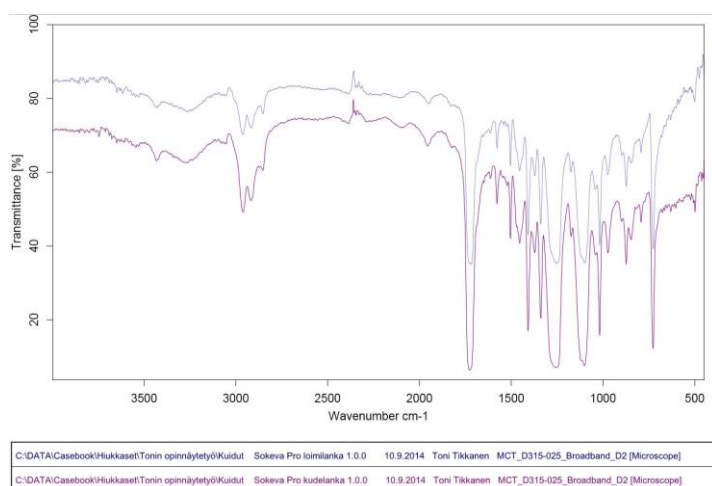
Kuva 2. Natura-teipin kuitujen IR-spektrit



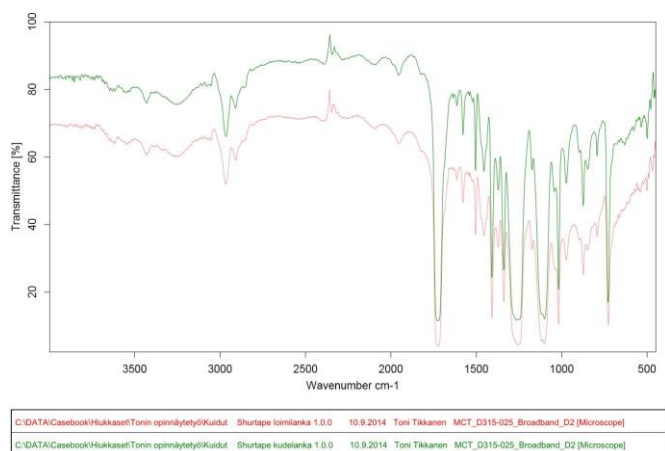
Kuva 3. Würth-teipin kuitujen IR-spektrit



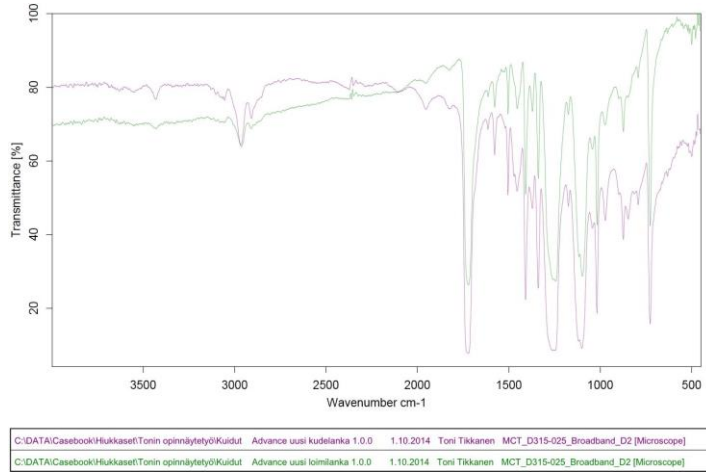
Kuva 4. Intertape-teipin kuitujen IR-spektrit



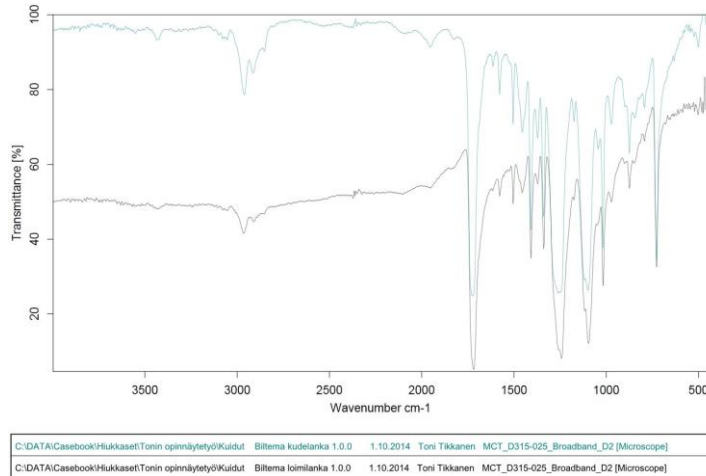
Kuva 5. Sokeva Pro -teipin kuitujen IR-spektrit



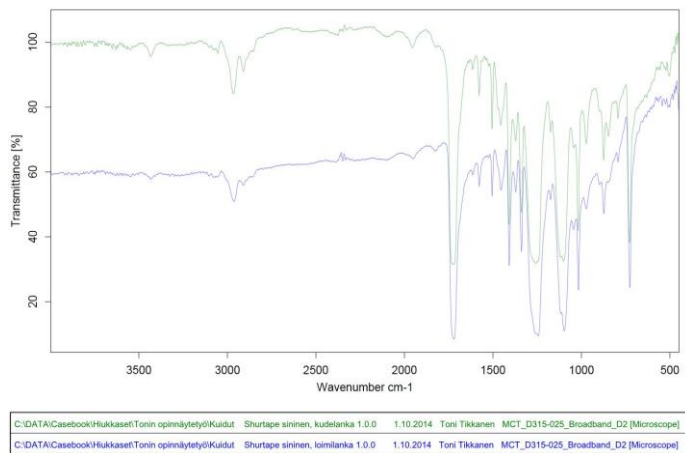
Kuva 6. Harmaan Shurtape-teipin kuitujen IR-spektrit



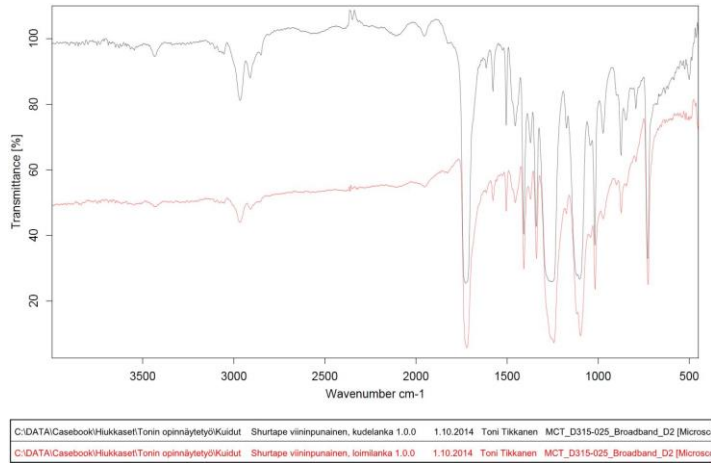
Kuva 7. Uudemman Advance-teipin kuitujen IR-spektrit



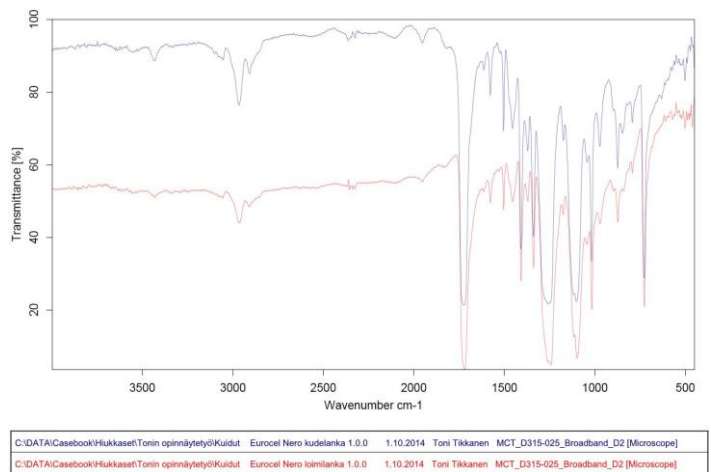
Kuva 8. Biltema-teipin kuitujen IR-spektrit



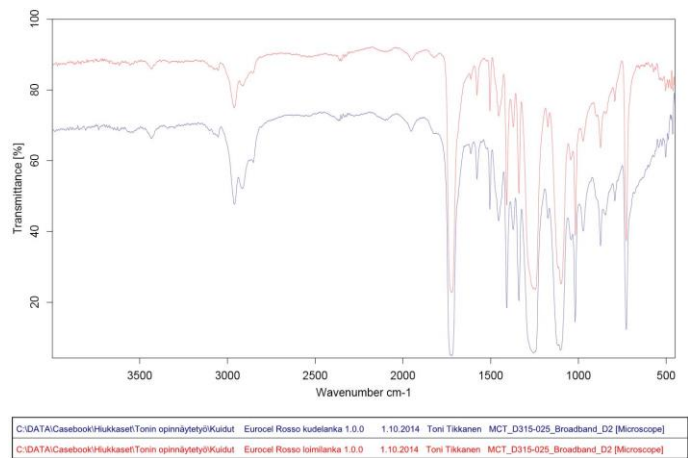
Kuva 9. Sinisen Shurtape-teipin kuitujen IR-spektrit



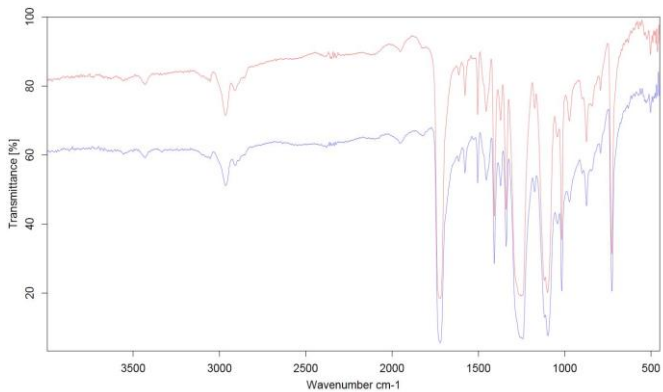
Kuva 10. Viinipunaisen Shurtape-teipin kuitujen IR-spektrit



Kuva 11. Eurocel Nero -teipin kuitujen IR-spektrit

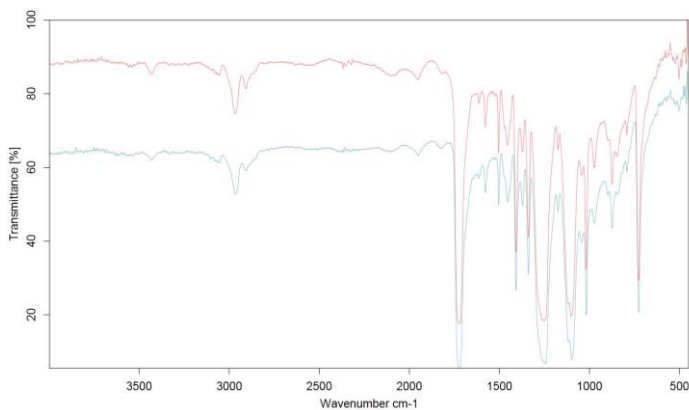


Kuva 12. Eurocel Rosso -teipin kuitujen IR-spektrit



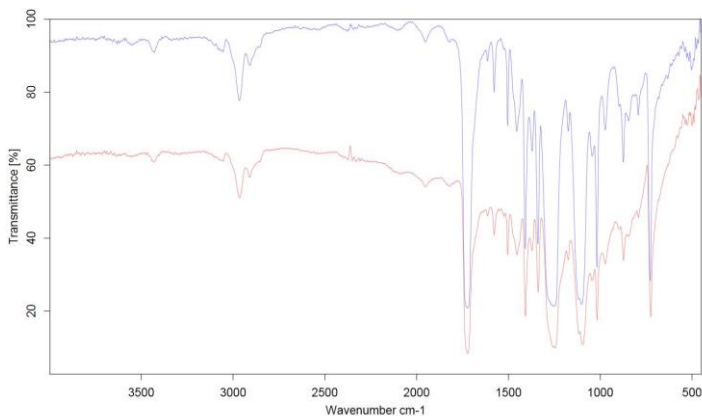
C:\DATA\Casebook\Huikkaset\Tonin opinnäytetyö\Kuidut Eurocel Bianco kudelanka 1.0.0 1.10.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]
C:\DATA\Casebook\Huikkaset\Tonin opinnäytetyö\Kuidut Eurocel Bianco loimilanka 1.0.0 1.10.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 13. Eurocel Bianco -teipin kuitujen IR-spektrit



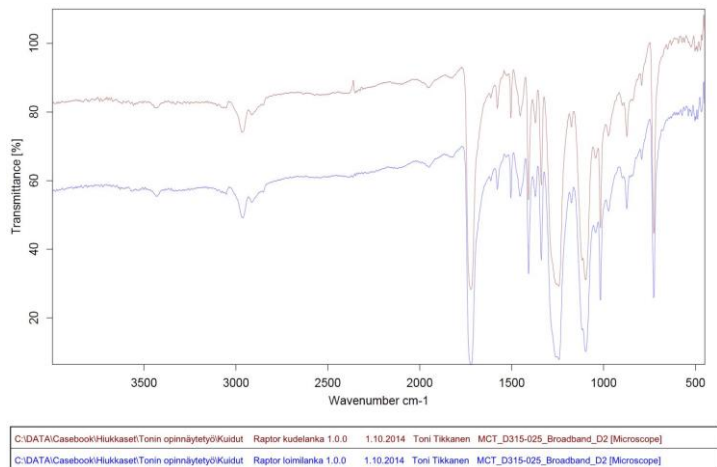
C:\DATA\Casebook\Huikkaset\Tonin opinnäytetyö\Kuidut Eurocel Giallo kudelanka 1.0.0 1.10.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]
C:\DATA\Casebook\Huikkaset\Tonin opinnäytetyö\Kuidut Eurocel Giallo loimilanka 1.0.0 1.10.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

Kuva 14. Eurocel Giallo -teipin kuitujen IR-spektrit

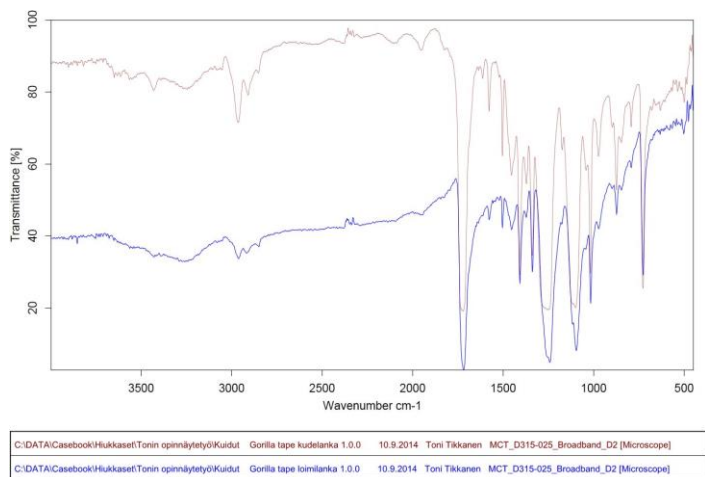


C:\DATA\Casebook\Huikkaset\Tonin opinnäytetyö\Kuidut TN15-CBY kudelanka 1.0.0 1.10.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]
C:\DATA\Casebook\Huikkaset\Tonin opinnäytetyö\Kuidut TN15-CBY loimilanka 1.0.0 1.10.2014 Toni Tikkanen MCT_D315-025_Broadband_D2 [Microscope]

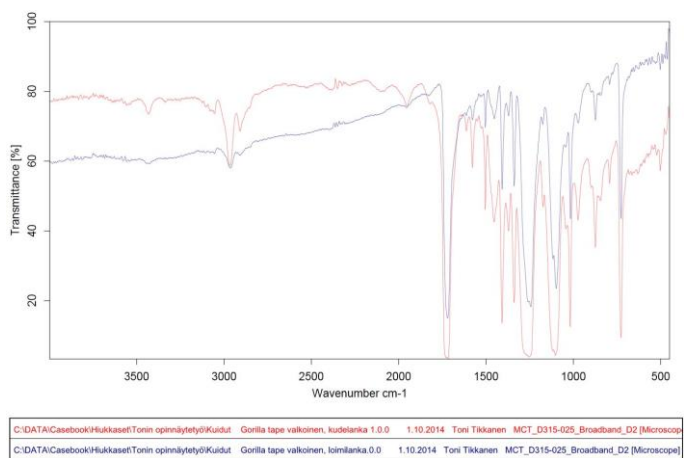
Kuva 15. TN15-CBY/W -teipin kuitujen IR-spektrit



Kuva 16. Raptor-teipin kuitujen IR-spektrit

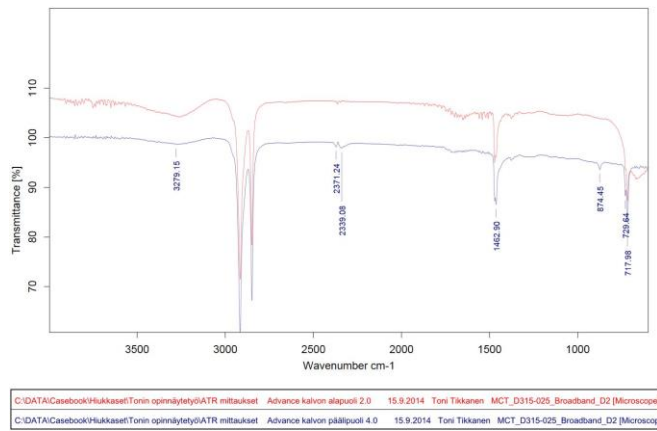


Kuva 17. Mustan Gorilla tape -teipin kuitujen IR-spektrit

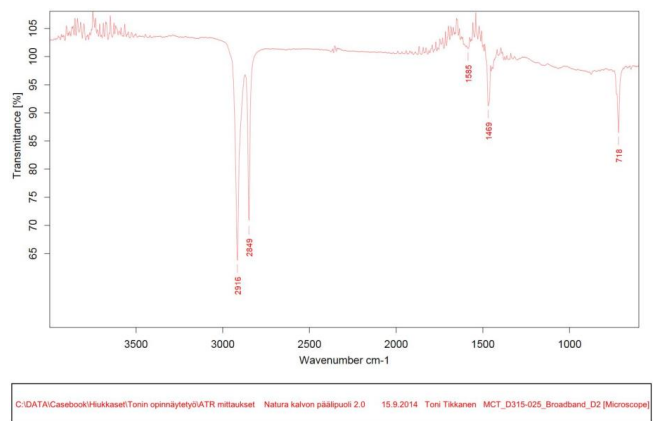


Kuva 18. Valkoisen Gorilla tape -teipin kuitujen IR-spektrit

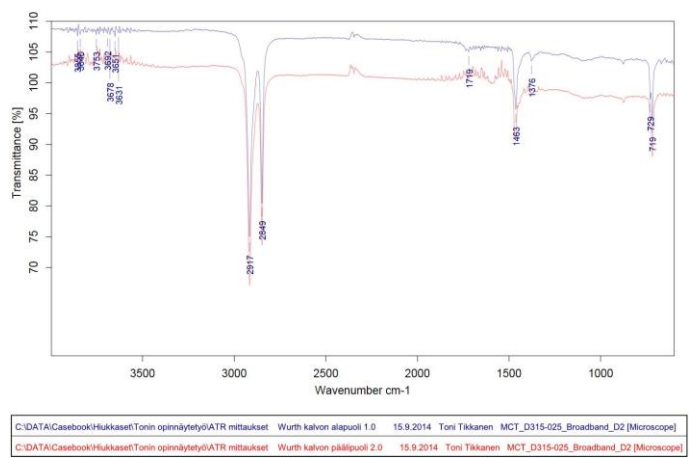
Kalvojen ATR-spektrit



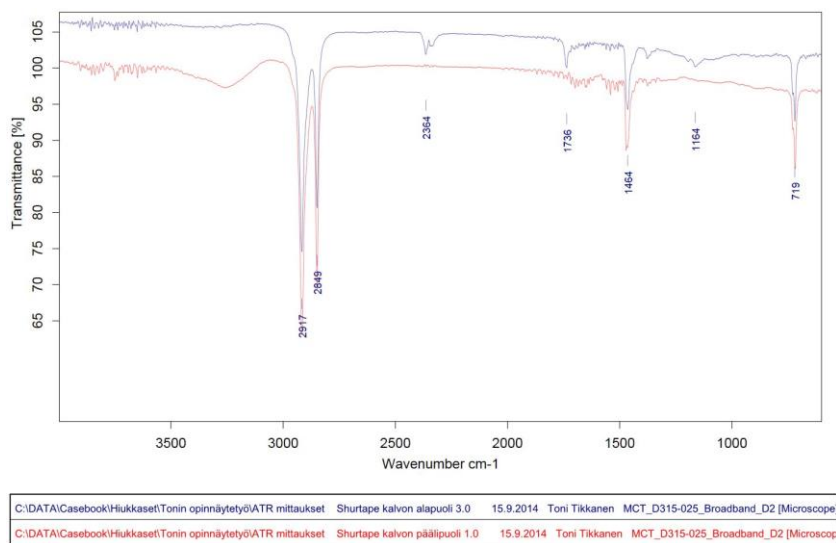
Kuva 1. Vanhemman Advance-teipin kalvon ATR-spektri



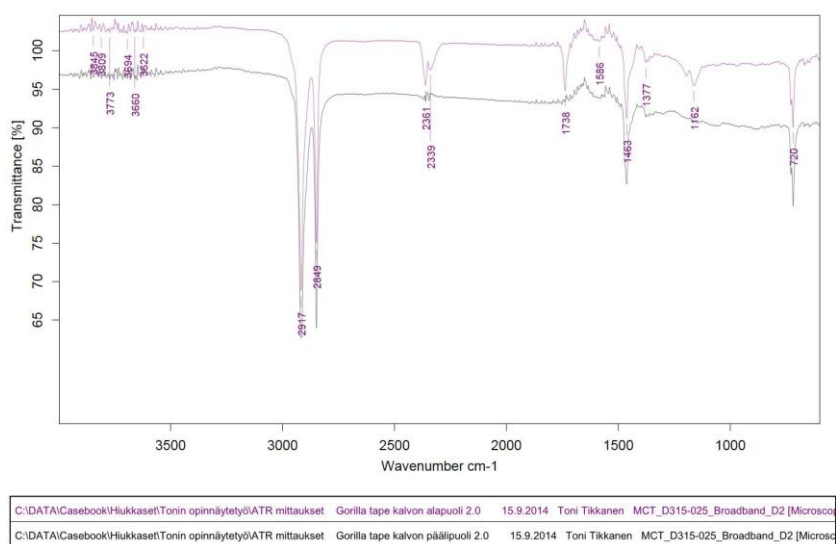
Kuva 2. Natura-teipin kalvon ATR-spektri



Kuva 3. Würth-teipin kalvon ATR-spektri

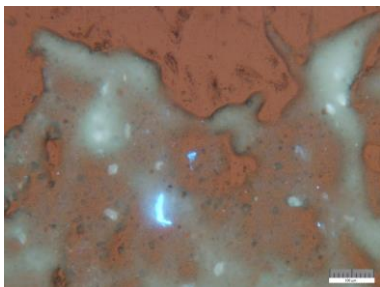


Kuva 4. Harmaan Shurtape-teipin kalvon ATR-spektri

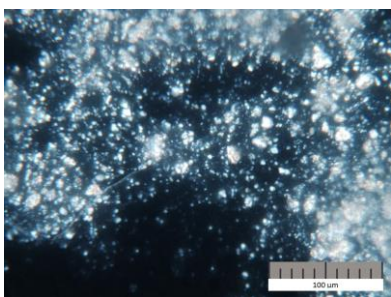


Kuva 5. Mustan Gorilla tape -teipin kalvon ATR-spektri

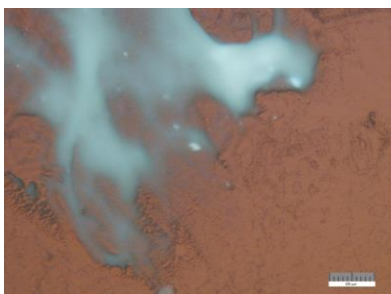
Liimojen fluoresenssi ja polarisaatio



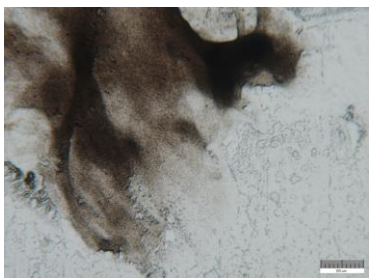
Kuva 1. Vanhemman Advance-teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



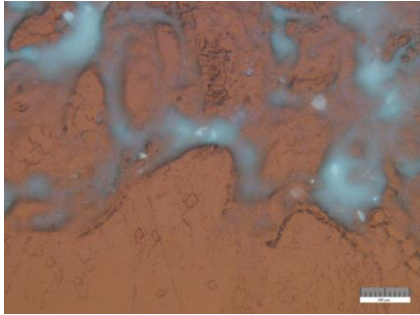
Kuva 2. Vanhemman Advance-teipin liima polarisaatiolla 25x suurennoksella



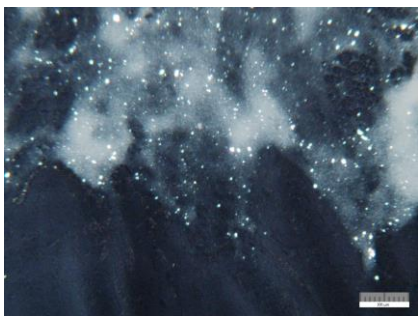
Kuva 3. Natura-teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



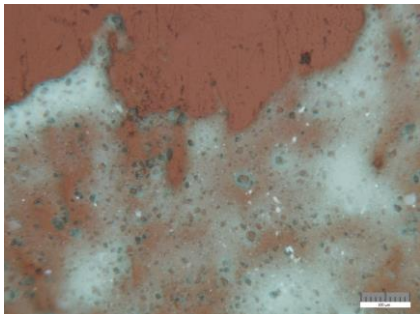
Kuva 4. Natura-teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



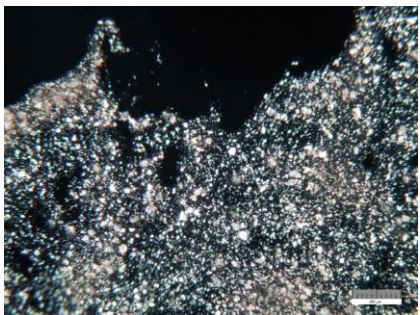
Kuva 5. Würth-teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



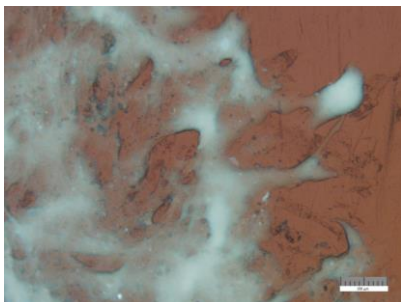
Kuva 6. Würth-teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



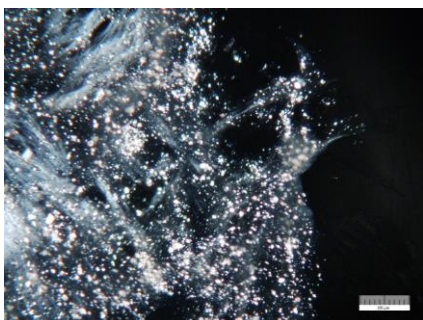
Kuva 7. Intertape-teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



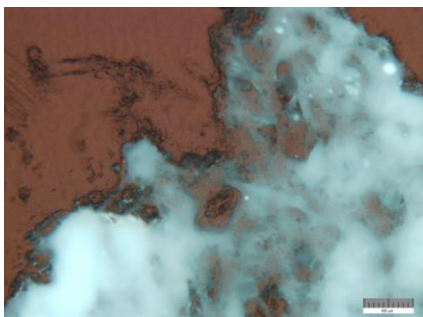
Kuva 8. Intertape-teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



Kuva 9. Sokeva Pro -teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



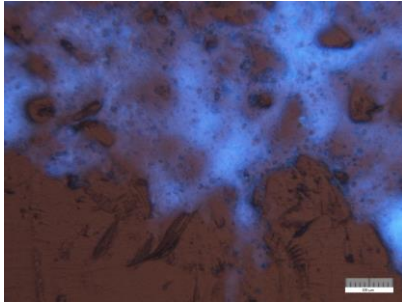
Kuva 10. Sokeva Pro -teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



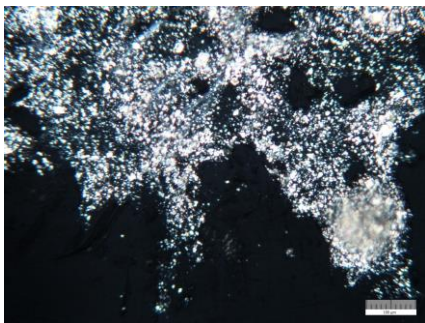
Kuva 11. Harmaan Shurtape-teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



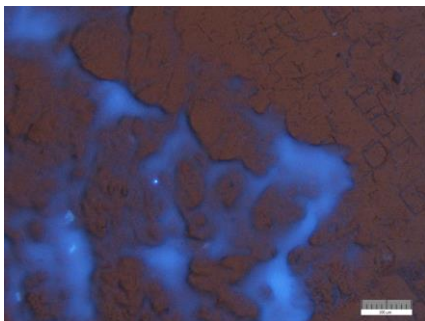
Kuva 12. Harmaan Shurtape-teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



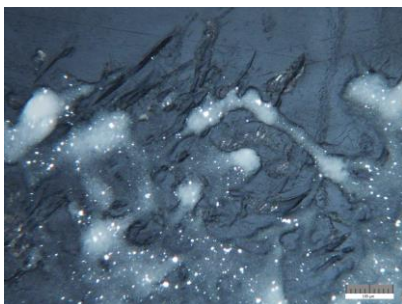
Kuva 13. Uudemman Advance-teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



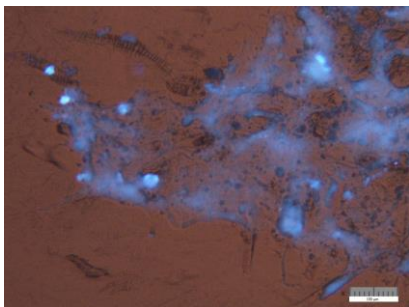
Kuva 14. Uudemman Advance-teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



Kuva 15. Biltema-teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



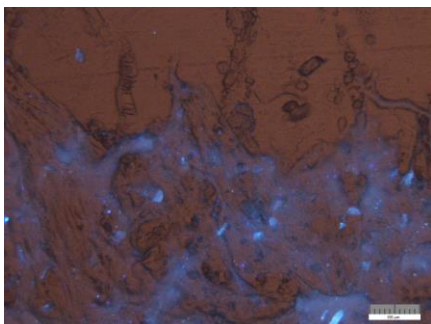
Kuva 16. Biltema-teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



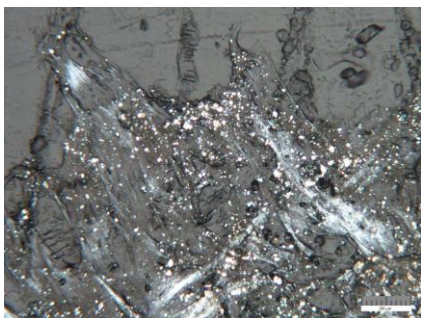
Kuva 17. Sinisen Shurtape-teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



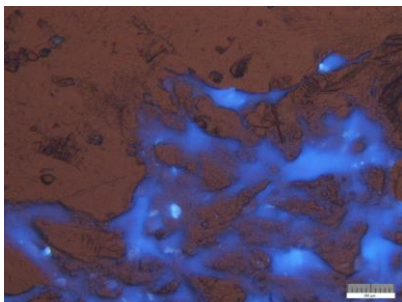
Kuva 18. Sinisen Shurtape-teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



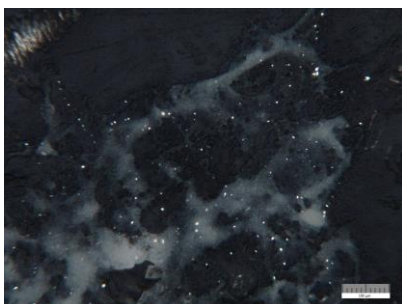
Kuva 19. Viininpunaisen Shurtape-teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



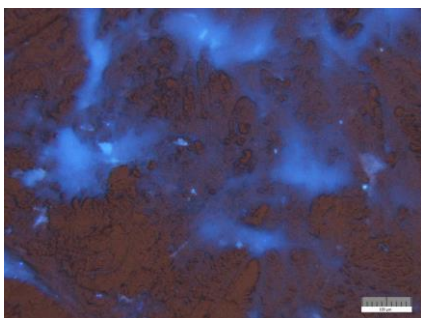
Kuva 20. Viininpunaisen Shurtape-teipin liima polarisaatio 10x suurennoksella



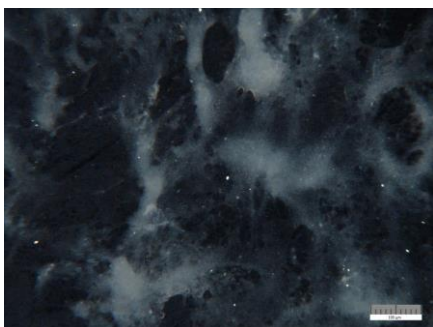
Kuva 21. Eurocel Nero -teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



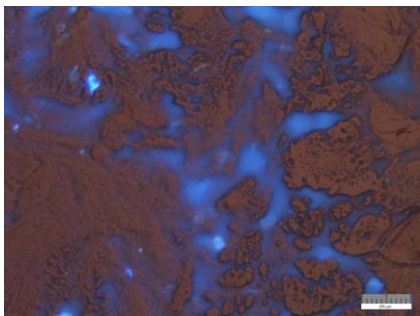
Kuva 22. Eurocel Nero -teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



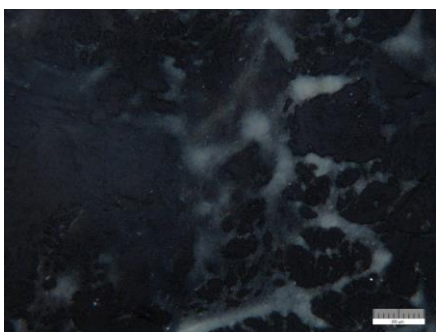
Kuva 23. Eurocel Rosso -teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



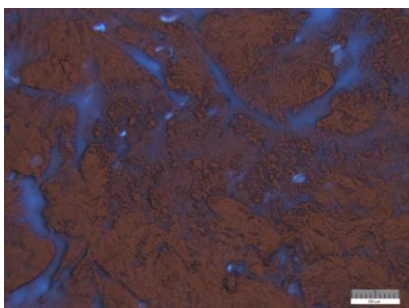
Kuva 24. Eurocel Nero -teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



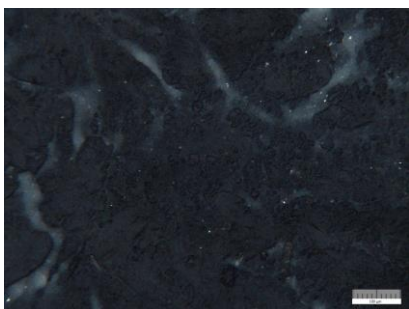
Kuva 25. Eurocel Bianco -teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



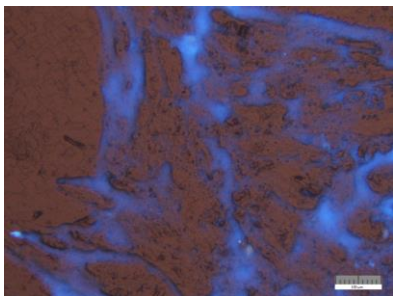
Kuva 26. Eurocel Bianco -teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



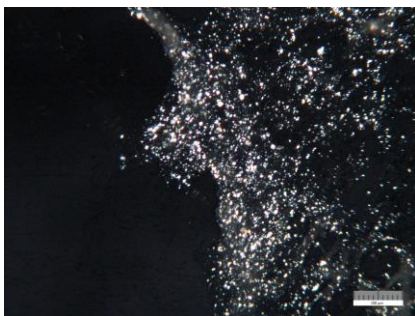
Kuva 27. Eurocel Giallo -teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



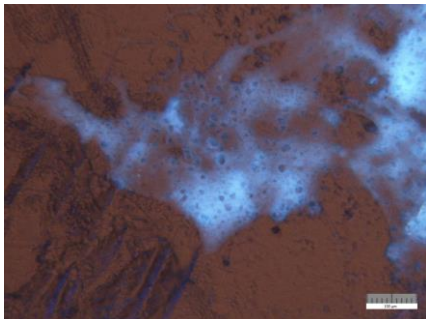
Kuva 28. Eurocel Giallo -teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



Kuva 29. TN15-CBY/W -teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



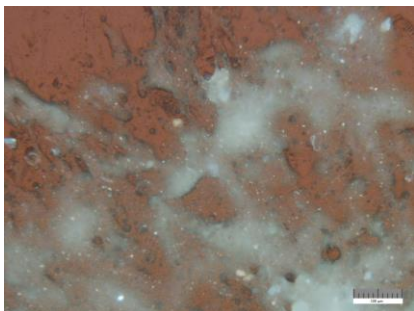
Kuva 30. TN15-CBY/W -teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



Kuva 31. Raptor-teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



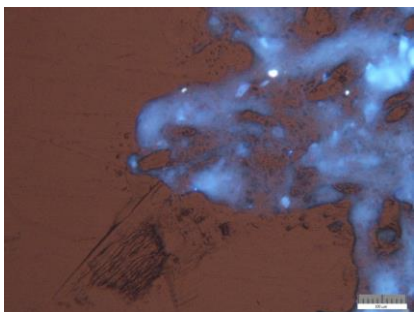
Kuva 32. Raptor-teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella



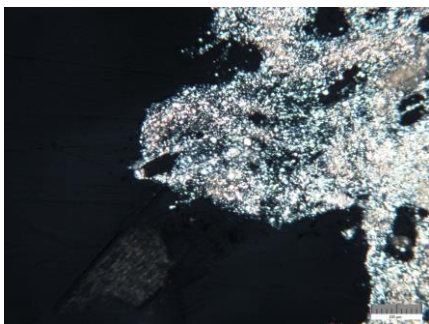
Kuva 33. Mustan Gorilla tape -teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella



Kuva 34. Mustan Gorilla tape -teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella

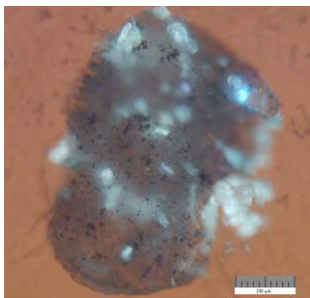


Kuva 35. Valkoisen Gorilla tape -teipin liima fluoresenssilla 10x suurennoksella

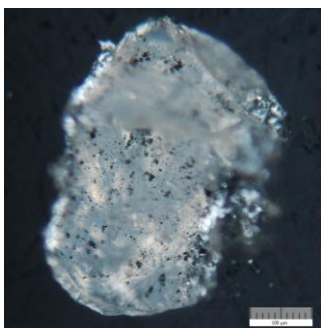


Kuva 36. Valkoisen Gorilla tape -teipin liima polarisaatiolla 10x suurennoksella

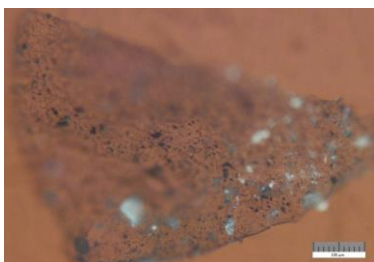
Kalvojen fluoresenssi ja polarisaatio



Kuva 1. Vanhemman Advance-teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



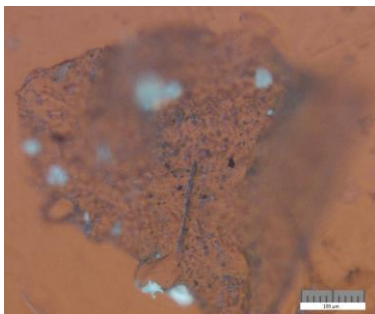
Kuva 2. Vanhemman Advance-teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



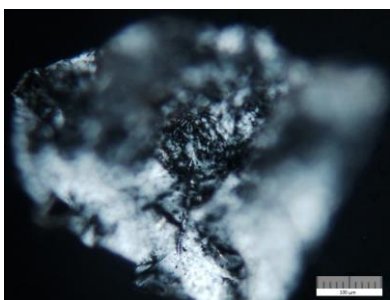
Kuva 3. Natura-teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



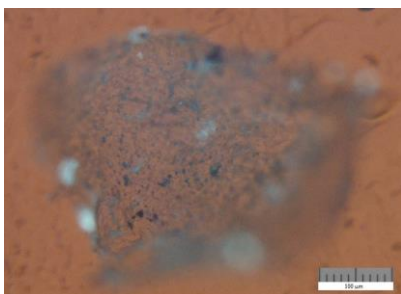
Kuva 4. Natura-teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



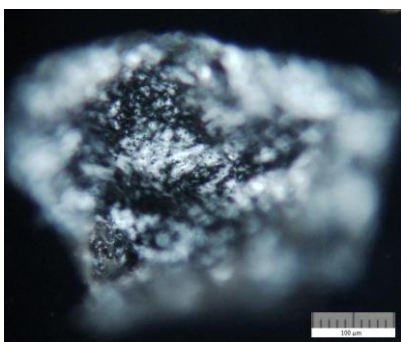
Kuva 5. Würth-teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



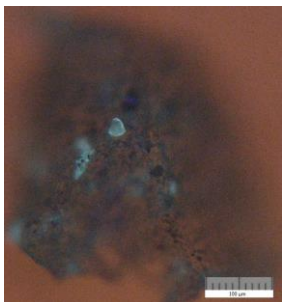
Kuva 6. Würth-teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



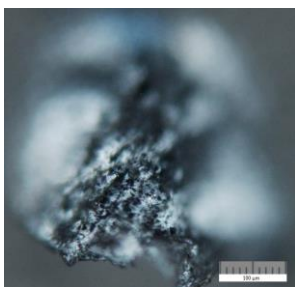
Kuva 7. Intertape-teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



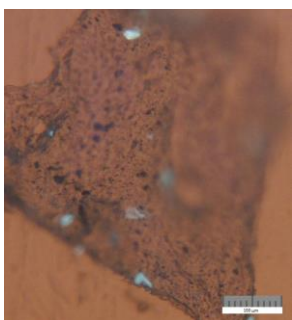
Kuva 8. Intertape-teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



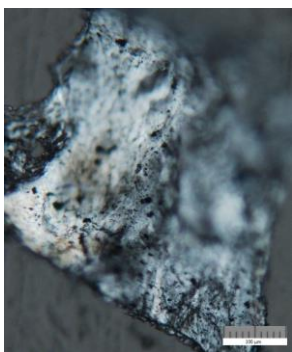
Kuva 9. Sokeva pro -teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



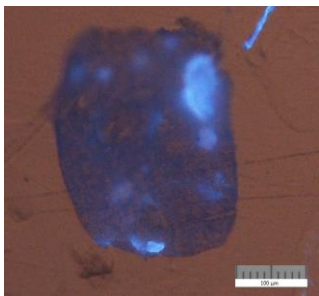
Kuva 10. Sokeva pro -teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



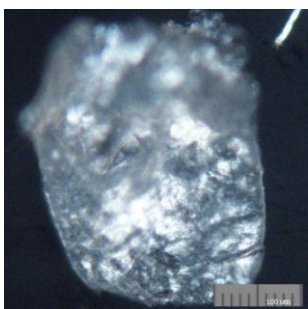
Kuva 11. Harmaan Shurtape-teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



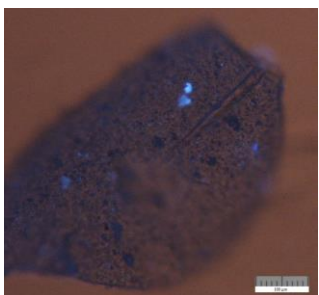
Kuva 12. Harmaan Shurtape-teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



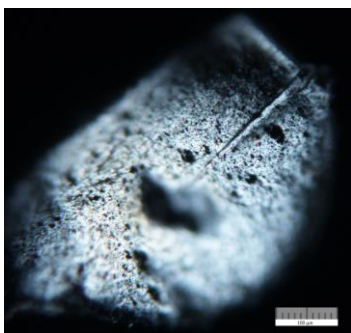
Kuva 13. Uudemman Advance-teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



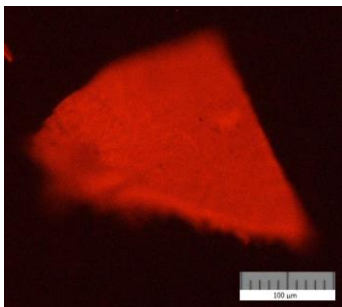
Kuva 14. Uudemman Advance-teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



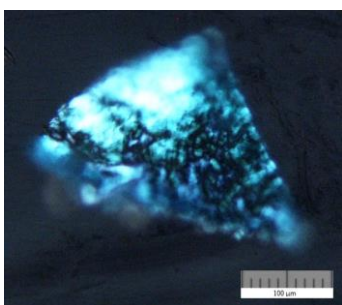
Kuva 15. Biltema-teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



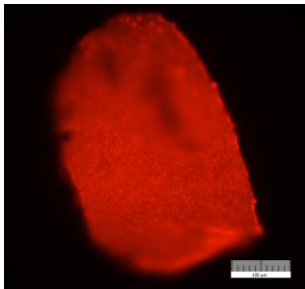
Kuva 16. Biltema-teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



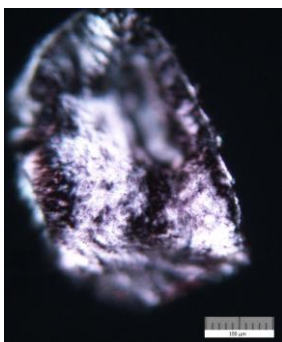
Kuva 17. Sinisen Shurtape-teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



Kuva 18. Sinisen Shurtape-teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



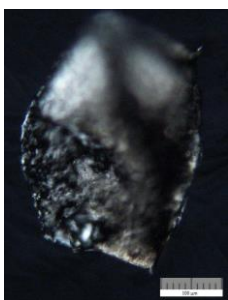
Kuva 19. Viininpunaisen Shurtape-teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



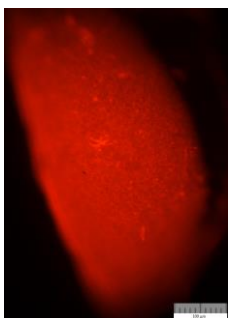
Kuva 20. Viininpunaisen Shurtape-teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



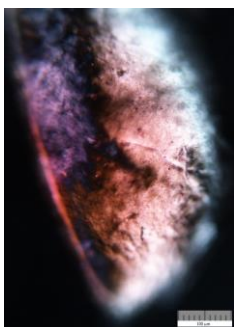
Kuva 21. Eurocel Nero -teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



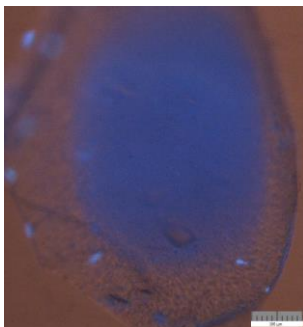
Kuva 22. Eurocel Nero -teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



Kuva 23. Eurocel Rosso -teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



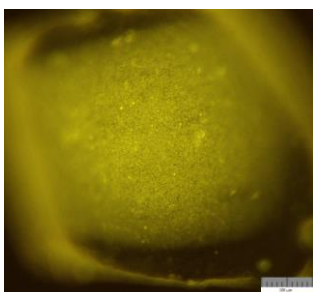
Kuva 24. Eurocel Rosso -teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



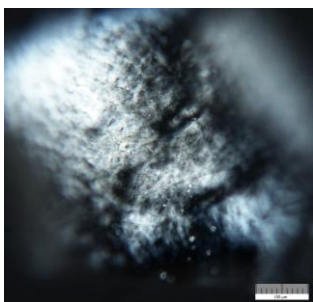
Kuva 25. Eurocel Bianco -teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



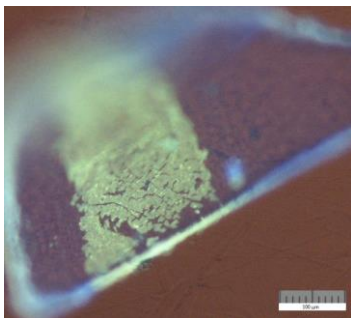
Kuva 26. Eurocel Bianco -teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



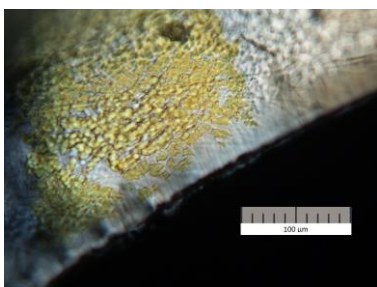
Kuva 27. Eurocel Giallo -teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



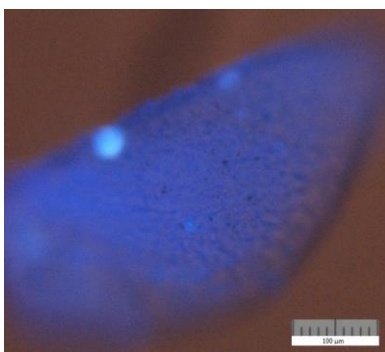
Kuva 28. Eurocel Giallo -teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



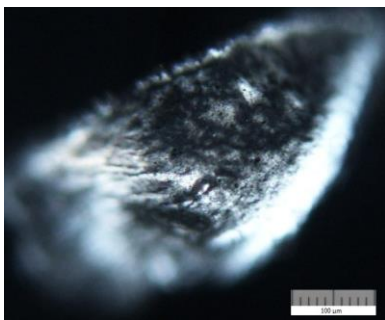
Kuva 29. TN15-CBY/W -teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



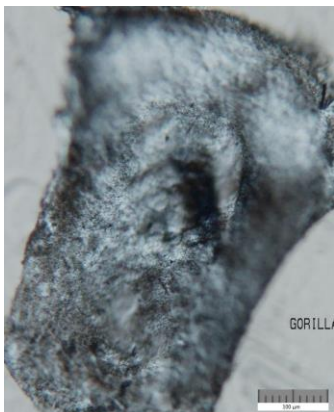
Kuva 30. TN15-CBY/W -teipin kalvo polarisaatiolla 25x suurennoksella



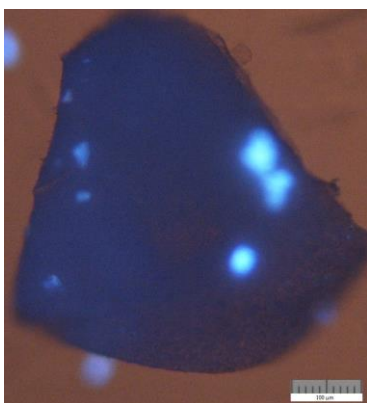
Kuva 31. Raptor-teipin kalvo fluoresenssilla 10x suurennoksella



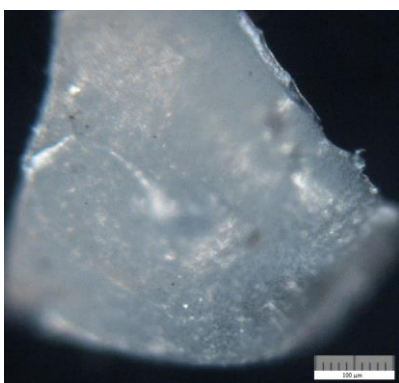
Kuva 32. Raptor-teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



Kuva 33. Mustan Gorilla tape -teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella



Kuva 34. Valkoisen Gorilla tape -teipin kalvo fluoressenssilla 10x suurennoksella



Kuva 35. Valkoisen Gorilla tape -teipin kalvo polarisaatiolla 10x suurennoksella

Tulosten yhteenveto

Taulukko 1. Yhteenveto ulkoisista ominaisuuksista

Teippi	Kalvon väri	Liiman väri	Painauksia	Teipin leveys (mm)
Advance vanhempi	Harmaa	Beige		48
Natura	Harmaa	Valkoinen		50
Würth	Harmaa	Valkoinen	Kyllä	50
Intertape	Harmaa	Harmaa		48
Sokeva Pro	Harmaa	Beige		49
Shurtape harmaa	Harmaa	Harmaa	Kyllä	48
Advance uudempi	Harmaa	Beige		50
Biltema	Harmaa	Harmaa	Kyllä	49
Shurtape sininen	Sininen	Beige		49
Shurtape viininpunainen	Viininpunainen	Harmaa	Kyllä	47
Eurocel Nero	Musta	Valkoinen		50
Eurocel Rosso	Punainen	Valkoinen		50
Eurocel Bianco	Valkoinen	Valkoinen		50
Eurocel Giallo	Keltainen	Valkoinen		50
TN15-CBY/W	Keltainen/musta	Valkoinen		50
Raptor	Harmaa	Harmaa		49
Gorilla tape musta	Musta	Harmaa	Kyllä	49
Gorilla tape valkoinen	Valkoinen	Harmaa	Kyllä	49

Taulukko 2. Yhteenveto poikkileikkauksien tuloksista

Teippi	Kalvon rakenne	Kalvon paksuus (µm)
Advance vanhempi	1 Harmaa 2 valkoinen	40
Natura	1 Harmaa	n. 60
Würth	1 Harmaa	n. 120
Intertape	1 Harmaa 2 Kirkas 3 Harmaa	n.40
Sokeva Pro	1 Harmaa	50
Shurtape harmaa	1 Harmaa 2 Kirkas	n. 100
Advance uudempi	1 Harmaa 2 Valkoinen	40
Biltema	1 Harmaa	n. 120
Shurtape sininen	1 Sininen	n. 70
Shurtape viininpunainen	1 Viininpunainen 2 Tummanpunainen	100 - 105
Eurocel Nero	1 Musta 2 Musta 3 Kirkas	60
Eurocel Rosso	1 Kirkas 2 Punainen 3 Kirkas	n. 70
Eurocel Bianco	1 Kirkas 2 Valkoinen 3 Kirkas	60
Eurocel Giallo	1 Kirkas 2 Keltainen 3 Kirkas	60
TN15-CBY/W	1 Keltainen/musta 2 Kirkas	70
Raptor	1 Kirkas 2 Harmaa	60 - 70
Gorilla tape musta	1 Musta 2 Harmaa 3 Kirkas	200
Gorilla tape valkoinen	1 Valkoinen 2 Harmaa 3 Kirkas	200

Taulukko 3. Yhteenveto tukilangoituksen tuloksista

Teippi	Kudeluku ± 1 (loimi/kude)	Kudoksen malli	Lankojen kierto (loimi/kude)
Advance vanhempi	19/8	Weft insertion	Ei/Ei
Natura	19/10	Weft insertion	Ei/Ei
Würth	29/19	Basket weave	Z/Z
Intertape	19/6	Weft insertion	Ei/Ei
Sokeva Pro	18/7	Basket weave	Ei/Ei
Shurtape harmaa	19/7	Weft insertion	Ei/Ei
Advance uudempi	19/9	Weft insertion	Ei/Ei
Biltema	26/19	Basket weave	Ei/Ei
Shurtape sininen	25/10	Weft insertion	Ei/Ei
Shurtape viininpunainen	19/7	Weft insertion	Ei/Ei
Eurocel Nero	19/8	Weft insertion	Ei/Ei*
Eurocel Rosso	19/8	Weft insertion	Ei/Ei*
Eurocel Bianco	19/7	Weft insertion	Ei/Ei*
Eurocel Giallo	19/7	Weft insertion	Ei/Ei*
TN15-CBY/W	19/8	Weft insertion	Ei/Ei*
Raptor	19/5	Weft insertion	Ei/Ei**
Gorilla tape musta	43/17	Basket weave	Z/Ei
Gorilla tape valkoinen	43/17	Basket weave	Z/Ei

*Kudelangat kiertyvät säännöllisin välein, koko lanka ei kierry

**Loimilangat menevät säännöllisin välein ristiin

Taulukko 4. Yhteenveto liimojen liuotustuloksista

Teippi	Liukoisuus	
	Heksaani	Lakkabensiini
Advance vanhempi	Heikko	Heikko>Heksaani
Natura	Hyvä	Hyvä
Würth	Hyvä	Hyvä
Intertape	Hyvä	Hyvä
Sokeva Pro	Hyvä	Heikko
Shurtape harmaa	Hyvä>Lakkabensiini	Hyvä
Advance uudempi	Hyvä	Hyvä
Biltema	Hyvä	Hyvä>Heksaani
Shurtape sininen	Hyvä	Hyvä
Shurtape viininpunainen	Hyvä	Hyvä
Eurocel Nero	Hyvä	Hyvä
Eurocel Rosso	Hyvä	Hyvä
Eurocel Bianco	Hyvä	Hyvä
Eurocel Giallo	Hyvä	Hyvä
TN15-CBY/W	Hyvä	Hyvä
Raptor	Hyvä	Hyvä
Gorilla tape musta	Hyvä	Hyvä
Gorilla tape valkoinen	Hyvä	Hyvä

Taulukko 5. Yhteenveto IR-spektrien tulkinnoista

Teippi	Liiman täyteaine	Liiman polarisaatio	Johtopäätös	Kalvo	Kuidut
Advance vanhempi	Kalsiumkarbonaatti	Vahva	Selvä täyteaine	PE	PET
Natura	TiO ₂	Ei polarisaatiota	Ei täyteainetta/täyteainetta hyvin vähän	PE	PET
Würth	TiO ₂	Keskivahva	Jokin täyteaine	PE	PET
Intertape	Kalsiumkarbonaatti	Vahva	Selvä täyteaine	PE	PET
Sokeva Pro	Kaoliini	Vahva	Selvä täyteaine	PE	PET
Shurtape harmaa	Kalsiumkarbonaatti	Vahva	Selvä täyteaine	PE	PET
Advance uudempi	Kalsiumkarbonaatti	Vahva	Selvä täyteaine	PE	PET
Biltema	TiO ₂	Keskivahva	Jokin täyteaine	PE	PET
Shurtape sininen	Kalsiumkarbonaatti	Vahva	Selvä täyteaine	PE	PET
Shurtape viininpu- nainen	Kalsiumkarbonaatti	Vahva	Selvä täyteaine	PE	PET
Eurocel Nero	TiO ₂	Heikko	Jokin täyteaine	PE	PET
Eurocel Rosso	TiO ₂	Heikko	Jokin täyteaine	PE	PET
Eurocel Bianco	TiO ₂	Heikko	Jokin täyteaine	PE	PET
Eurocel Giallo	TiO ₂	Heikko	Jokin täyteaine	PE	PET
TN15-CBY/W	Kalsiumkarbonaatti	Vahva	Selvä täyteaine	PE	PET
Raptor	Kalsiumkarbonaatti	Vahva	Selvä täyteaine	PE	PET
Gorilla tape musta	Kalsiumkarbonaatti	Vahva	Selvä täyteaine	PE	PET
Gorilla tape valkoi- nen	Kalsiumkarbonaatti	Vahva	Selvä täyteaine	PE	PET