



## TIIVISTELMÄ

Tekijä: Susanna Forsblom  
Nimi: **High speed release -mittausmenetelmän käyttäminen tarralaminaattiprosessin ohjauksessa**  
Osasto: Kemianteeniikan osasto  
Vuosi: 2007  
Paikka: Tampere

Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.  
77 sivua, 59 kuvaa, 3 taulukkoa ja 2 liitettä.

Tarkastajat: Professori Hannu Manner  
Yliassistentti Kati Ryösö

Hakusanat: tarralaminaatti, release, HSR, silikoni

Työn tavoitteena oli tutkia HSR(High Speed Release)-mittausmenetelmän käyttämistä tarralaminaattiprosessin ohjauksessa UPM Raflatacissa. Nykyisin käytössä olevaan LSR(Low Speed Release)-menetelmään verrattuna HSR-menetelmä kuvaa paremmin tarralaminaatin jatkojalostuksessa sekä etiketöinnissä tapahtuvaa irrotustyötä. Lisäksi työssä tutkittiin irrotusnopeuden vaikutusta HSR-arvoon.

Työn kirjallisuusosassa perehdyttiin tarralaminaatin rakenteeseen sekä valmistusprosessiin. Koska silikonin valinnalla on merkittävä vaikutus tarralaminaatin releasearvoon, kirjallisessa osassa syvennytään tarkastelemaan tarralaminaatin valmistuksessa käytettyjä silikoneja sekä näiden rakennetta. Kirjallisuusosassa on myös käsitelty muita relesetasoon vaikuttavia tekijöitä.

Työn kokeellisessa osassa oli tarkoituksena tutkia HSR-mittausmenetelmän käytettävyyttä tarralaminaatin prosessiohjauksessa. Tätä tutkittiin selvittämällä nykyisin käytössä olevan LSR-menetelmän sekä HSR-menetelmän välistä korreloituvuutta. Mikäli näiden välillä olisi korreloituvuutta, voitaisiin prosessiohjauksessa ajatella siirtyvän HSR-mittaukseen. Korrelaatiota näiden kahden menetelmän välille ei kuitenkaan löydetty. Työssä tutkittiin myös irrotusnopeuden vaikutusta tuotteen HSR-arvoon. Testeihin valittiin useita eri tuotteita useilta tuotantolaitoksilta. Kaikilla näillä tuotteilla releasearvo kasvoi irrotusnopeutta lisättäessä. Lisäksi työssä määritettiin uudet HSR-spesifikaatiot tietyille tuotteille. Kaikille UPM Raflatacin tuotteille on määritetty LSR-spesifikaatiot, HSR-spesifikaatiot on asetettu vain tietyille tuotteille.

## **ABSTRACT**

Author: Susanna Forsblom  
Title: **The use of high speed release test method in process control of lamination**  
Department: Department of Chemical Technology  
Year: 2007  
Place: Tampere

Master of Science Thesis. Lappeenranta University of Technology.  
77 pages, 59 figures, 3 tables and 2 appendices.

Supervisors: Professor Hannu Manner  
Senior Teaching Assistant Kati Ryösö

Keywords: labelstock, release, HSR, silicone

The aim of this study was to examine if there is any potential benefits in testing release at high speed release (HSR) test as opposed to the current low speed release (LSR) test. The HSR test method allows user to assess the separation force of a laminate at speeds comparable to those typically used to convert and dispense the material. It therefore gives a far more meaningful assessment of the conversion characteristics than LSR. The study also examines how the separation rate affects the high speed release force.

The literary part of the study discusses the materials that form the laminate and the lamination process. It also describes closely the silicones that are used in pressure sensitive labelstock since the choice of the silicone has great impact to the release value of the laminate. In addition other factors affecting the release force are also described.

In the experimental part the aim was to examine if the HSR test method could be used in the process control instead of current LSR test method. The correlation between LSR and HSR was measured. If the correlation exists the HSR test method could be use in process control. Based on the measurements that has been made there was no correlation between those values. In addition the affect of the separation rate the high speed release force was also measured. Various labelstock products were selected to this test. The release values of all these products were similar. When the separation rate grows up the release value also rose. In addition the new HSR specifications were set for the products that will be supply to the reference customer.

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO .....	5
1.1	UPM Raflatac.....	5
1.2	Työn tavoitteet .....	5

### I KIRJALLISUUSOSA

2	TARRALAMINAATTI.....	7
2.1	Taustamateriaali.....	7
2.2	Silikoni.....	8
2.3	Tarraliimat.....	9
2.4	Pintapaperi .....	11
2.5	Valmistusprosessi .....	11
2.5.1	Taustapaperin silikonointi.....	12
2.5.2	Liiman käsittely .....	13
2.5.3	Laminointi.....	14
2.6	Jatkojalostus .....	14
3	SILIKONI .....	17
3.1	Rakenne ja ominaisuudet .....	17
3.2	Silikonipäällysteen verkkoonnuttamisreaktiot.....	19
3.3	Liutinvapaat silikonit .....	22
4	RELEASE JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT.....	24
4.1	Release-arvon mittaaminen.....	25
4.2	Silikonipäällysteen vaikutus .....	25
4.3	Taustapaperin vaikutus .....	27
4.4	Liiman vaikutus .....	29
4.5	Muut releaseeseen vaikuttavat tekijät .....	31

### II KOKEELLINEN OSA

5	TYÖN TAVOITE JA SUORITUS .....	33
6	TYÖSSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT .....	33
7	REFERENSSIASIAKKAAN SPESIFIKAATIOT HSR:LLE .....	35
7.1	Näytteet .....	36
7.2	Tulokset.....	36
7.3	Johtopäätökset.....	38
8	IRROTUSNOPEUDEN VAIKUTUS HSR - ARVOON .....	38
8.1	Näytteet .....	38
8.2	Tulokset.....	39
8.2.1	Nancyn dispersio.....	39
8.2.2	Nancyn hotmelt .....	42
8.2.3	Scarborough dispersio.....	43
8.2.4	Tampere dispersio.....	48
8.2.5	Tampere hotmelt .....	52
8.2.6	Tulosten vertailu .....	53

8.3	Johtopäätökset.....	56
9	KORRELAATIO HSR 10 m/min JA LSR 300 mm/min VÄLILLÄ .....	57
9.1	Periaate.....	57
9.2	Näytteet .....	58
9.3	Tulokset.....	58
9.3.1	Nancy dispersio.....	58
9.3.2	Nancy hotmelt.....	61
9.3.3	Scarborough dispersio.....	63
9.3.4	Tampere dispersio.....	67
9.3.5	Tampere hotmelt .....	71
9.4	Johtopäätökset.....	72
10	YHTEENVETO .....	73

## **LÄHDELUETTELO**

## **LIITELUETTELO**

**KÄYTETYT SYMBOLIT JA LYHENTEET****SYMBOLIT:**

$c_{pk}$	suorituskykyindeksi
$UT$	ylätoleranssi
$LT$	alatoleranssi
$\bar{X}$	keskiarvo
$s$	keskihajonta
$\rho_{X,Y}$	korrelaatiokerroin
$Cov$	kovarianssi
$\sigma$	keskihajonta
$n$	näytteiden määrä
$x_i$	muuttujan X i. havaintoarvo
$y_i$	muuttujan Y i. havaintoarvo
$\mu$	otosten keskiarvo

**LYHENTEET:**

PET	polyesteri
PP	polypropeeni
PE	polyeteeni
UV	ultravioletti
HSR	high speed release
LSR	low speed release
FTM	Finat Test Method
NA	Nancy
SC	Scarborough
TA	Tampere
RP	Raflatac permanent
RH	Raflatac hotmelt
RC	Raflatac cured
RR	Raflatac removable
SR	Sheet removable
HD	High density
02	Vellum TTR
X7	Thermal Eco J/A
03	Honey Glassine 65
W5	Raflabrite
04	Raflacoat
97	Data
78	Kraft Special 75
5N	PP Gloss White TC-4
36	High density 75 white
58	PE Gloss White TC

## **1 JOHDANTO**

### **1.1 UPM Raflatac**

UPM Raflatac on yksi maailman johtavista synteettisten ja paperipohjaisten tarralaminaattien valmistajista. Yrityksellä on tuotantolaitoksia Suomessa, Ranskassa, Espanjassa, Englannissa, Etelä-Afrikassa, Malesiassa, Kiinassa, Australiassa ja Yhdysvalloissa. Lisäksi UPM Raflatacin leikkuuterminaali- ja myyntikonttoriverkosto kattaa lähes koko maailman. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2004 noin 800 miljoonaa euroa ja sen palveluksessa työskenteli noin 2200 henkilöä. UPM Raflatac on osa UPM-Kymmene-konsernia.

UPM Raflatac toimii tarralaminaatin jalostusketjussa tuotteiden valmistajana yhdistämällä raaka-aineet tarralaminaatiksi. UPM Raflatacin asiakkaita ovat mm. painotalot, jotka välittävät etiketit edelleen omiin tuotepakkauksiinsa tai suoraan tuotteisiinsa. Loppukäyttökohteet vaihtelevat elintarvike- ja lääketeollisuuden etiketöintiratkaisuista raskaan teollisuuden ja kaupan käyttötarpeisiin.

### **1.2 Työn tavoitteet**

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia miten high speed release -mittausmenetelmä soveltuu tarralaminaattiprosessin ohjaukseen nykyisin käytetyn low speed release -mittausmenetelmän sijasta. HSR-mittaus vastaa paremmin tarralaminaatin jatkojalostuksessa ja etiketöinnissä tapahtuvaa irrotustyötä kuin LSR-mittaus.

Työn kirjallisessa osassa perehdytään tarralaminaatin rakenteeseen sekä valmistusprosessiin. Lisäksi kirjallisessa osassa perehdytään syvemmin tarralaminaatin valmistuksessa käytettyihin silikoneihin ja niiden rakenteeseen, koska silikonin valinnalla pystytään vaikuttamaan merkittävästi saavutettavaan releasetasoon. Lisäksi tarkastellaan muita tarralaminaatin releasearvoon vaikuttavia tekijöitä.

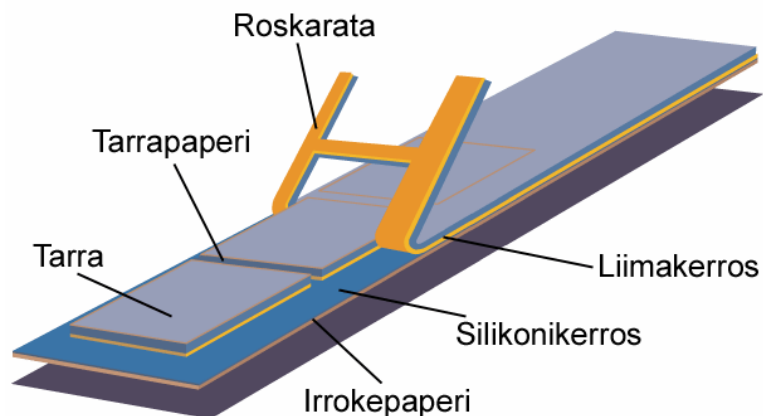


Työn kokeellinen osa voidaan jakaa kolmeen erilliseen osaan. Ensimmäisessä osassa määritetään eräälle asiakkaalle toimitettaville tuotteille HSR spesifikaatiot. Kaikille tuotteille on asetettu LSR spesifikaatiot, HSR spesifikaatiot on määritetty vain tietyille tuotteille. Työn toisessa osiossa tarkastellaan HSR-mittauksissa käytetyn irrotusnopeuden vaikutusta tarralaminaatin releasearvoon. Näytteet valittiin eri tuotantolaitoksilta ja näistä mitattiin releasearvo neljällä eri irrotusnopeudella. Viimeisessä osiossa tarkastellaan HSR-mittausmenetelmän soveltuvuutta tarralaminaattiprosessin ohjaukseen nykyisen LSR-mittauksen sijasta. Tätä tutkitaan selvittämän näiden kahden välisen mittausmenetelmän korreloituvuutta.

## I KIRJALLISUUSOSA

### 2 TARRALAMINAATTI

Tarralaminaatti koostuu pintamateriaalista, liimakerroksesta, irrokepäällysteenä toimivasta silikonikerroksesta sekä taustapaperista kuvan 1 mukaisesti. Tarralaminaatin pintamateriaali sekä siinä oleva liimakerros muodostavat varsinaisen etiketin. Taustamateriaali toimii kantavana materiaalina laminaatin valmistus- ja jalostuskoneella sekä etiketöinnissä. Taustamateriaalin pinnalle sivellään irrokepäällyste, mikä on tavallisesti silikonია. Tämä mahdollistaa etiketin irrottamisen tausta. /1/



Kuva 1. Tarralaminaatin rakenne. /2/

#### 2.1 Taustamateriaali

Taustamateriaalina käytetään pääasiassa glassine- ja kraft-tyyppisiä papereita, mutta myös synteettisiä materiaaleja voidaan käyttää. Taustamateriaali suojaa liimakerrosta, toimii kantavana materiaalina ja stanssausalustana jalostusapplikaatioissa.

Glassine-tyyppinen paperi on puuvapaata, pintaliimattua ja voimakkaasti superkalanteroitua paperia. Kraft-tyyppinen paperi on vahvempaa puuvapaata, päällystettyä, super- tai konekalanteroitua paperia. Glassine-tyyppinen paperi on pintaominaisuuksiltaan erittäin tiivis paperi, jolla on korkea kiilto ja tiheys sekä pieni paksuushajonta. Pitkälle viedyllä massojen jauhatuksella saavutetaan hyvä absorptiovastus. Glassine-tyyppistä taustapaperia käytetään paljon etiketöintikoneissa, joissa etikettien kulkua ohjataan valokennojen avulla. Kraft-tyyppisen paperin pinta on huokoinen, sileä ja kiiltävä. Sen lujuusominaisuudet ovat huonot verrattuna glassine-tyyppiseen paperiin. Hyvän mittapysyvyytensä johdosta kraft-tyyppisiä papereita käytetään arkkituotteiden taustapaperina. /3,4/

Synteettisten materiaalien käyttö tarralaminaatin taustamateriaalina on yleistymässä. Synteettiset materiaalit tarjoavat jalostajalle ja loppukäyttäjälle ominaisuuksia, joita paperitaustoilla ei saavuteta. Näitä ovat mm sileys, pieni paksuusvaihtelu, läpinäkyvyys, mittapysyvyys sekä jäykkyys kosteissakin olosuhteissa. Yleisimmin käytettyjä synteettisiä materiaaleja ovat polyesteri (PET), polypropeeni (PP) sekä polyeteeni (PE). /3,5/

Taustapaperilla on merkittävä vaikutus sekä tarralaminaatin valmistuksen että jalostuksen onnistumiselle. Taustapaperin ajettavuus ja silikonoitavuus laminoitukoneella sekä toimivuus stanssausalustana ja etiketöinnissä ovat tärkeimpiä taustapaperille asetettavia vaatimuksia. /4/

## **2.2 Silikoni**

Irrokepäällysteiden ensisijaisena tehtävänä on toimia liiman ja taustapaperin erottavana tekijänä, sekä antaa tarralaminaatille käyttökohteeseen sopiva irto- eli release-arvo. Silikonin käyttö tarralaminaatin taustapaperin pinnoitteena perustuu sen liimaa alhaisempaan pintaenergiaan. Pintaenergia on keskeisessä asemassa hyvän releasetason aikaansaamiseksi. /6/

Paperin päällystyksen soveltuvia silikoneja on kolmessa eri muodossa: liuotinpohjaisena, liuotinvapaana tai emulsiomuotoisena. Tarralaminaatin valmistuksessa liuotinvapaa silikoni on yleisin. Liuotinvapaata silikonia tarvitaan 0,7 – 1,5 g/m<sup>2</sup> tasaisen irrokepäällysteen aikaansaamiseksi. Silikoniseoksen koostumuksella ja määrällä voidaan hallita jatkojalostuksen kannalta tärkeää release-arvoa. Release on voima, joka tarvitaan etiketin irrottamiseen taustapaperista. /1/ Silikonista ja silikonipäällystämisestä on kerrottu tämän työn seuraavissa luvuissa.

### 2.3 Tarraliimat

Tarralaminaatin lopullisen laadun kannalta on tarraliimoilla ja niiden onnistuneella valmistuksella tärkeä merkitys. Tarralaminaateissa käytettävät liimat ovat pääsääntöisesti pysyvästi tarttuvia ja kiinnittyminen tapahtuu välittömästi liimapinnan koskettaessa vastapintaa. Tarraliimat tarttuvat voimakkaasti pintamateriaaliin, mutta irtoavat silikonidusta taustamateriaalista määrättyä voimaa käytettäessä. Tarraliimojen reologiset ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi muodostuvaan releasearvoon. Liiman reologisiin ominaisuuksiin vaikuttaa liiman kemiallinen luonne, molekyylipaino ja koostumus. /3,7,8/

Tarraliimojen raaka-aineita ovat sideaineet eli polymeerit, tartuntahartsit ja erilaiset apuaineet. Apuaineina toimivat pinta-aktiiviset vaahdonesto-, pH:n säätö- ja täyteaineet. Lisäksi voidaan käyttää viskositeetin säätöaineita ja pehmittimiä. /7/

Tarraliimat voidaan luokitella taulukon I mukaisesti.

Taulukko I Tarraliimojen ryhmittely /9/

Käyttötarkoitus	Fysikaalinen koostumus	Kemiallinen koostumus
Permanentit	Dispersiot	Kumipohjaiset
Irrotettavat	Liuotinpohjaiset	Akrylaatit
Pakaste	Sulateliimat	
Erikois		

Dispersioliimat ovat vesiliukoisia liimoja, jotka sisältävät joko synteettisiä tai luonnonpolymeerejä. Dispersioliimat applikoidaan noin 50 % kuiva-ainepitoisuudessa. Liimapinnan kuivuminen alkaa teoriassa jo ennen kuivatinta, sillä vesi alkaa imeytyä taustapaperiin. Silikoni toki vähentää imeytymistä, mutta ei pysty estämään sitä. Lopullinen veden haihduttaminen tapahtuu liimakuvaimissa. /3/

Liuotinpohjaisten liimojen käyttö tarralaminaatin valmistuksessa on vähentynyt ympäristöllisistä syistä. Liuotinpohjaisilla liimoilla kuiva-ainepitoisuus on tyypillisesti 30 % ja liuottimena käytetään esimerkiksi tolueenia. Liuotinainepohjaiset liimat voivat olla sekä akrylaatti- että kumi-hartsipohjaisia. /3/

Sulateliimat eli hotmelt-liimat annostellaan 100 % kuiva-ainepitoisuudessa paperin pintaan. Hotmelt-liima lämmitetään levitettäessä, jolloin sen viskositeetti laskee ja liima pystyy kostuttamaan liimattavan pinnan. Toisin kuin vesi- ja liuotinpohjaiset liimat hotmelt-liimat eivät vaadi kuivatusta, vaan kuuma liima jäähdytetään välittömästi applikoinnin jälkeen. UV-hotmelt liimat kovetetaan ennen jäähdytystä UV-säteilyn avulla. Hotmelt-liimoilla on hyvät tarttuvuusominaisuudet jopa kosteisiin ja karheisiin pintoihin. /3,10/

Valmiissa tarraliimassa ei ole liuotinta eikä vettä vähentämässä viskositeettia. Liiman itsensä on kostutettava liimattava pinta ja näin päästävä molekyyli-tasoiseen yhteyteen sen kanssa. Liiman koheesion on kuitenkin oltava mahdollisimman hyvä. Lisäksi liiman on vaadittaessa säilytettävä vuosia tarttuvuutensa. /7/

## 2.4 Pintapaperi

Tarralaminaatin pintamateriaalit voidaan jakaa päällystämättömiin ja päällystettyihin papereihin, muoveihin ja erikoismateriaaleihin. Jokaisella näistä on erilaiset paino-, kestävyys-, ympäristönsuojelulliset ja ulkonäölliset ominaisuudet. Pintamateriaalin valinnan määräävät etiketin käyttötarkoitus ja painomenetelmä. Pintamateriaalin jalostuskelpoisuuden määräävät mm. materiaalin jäykkyys, sileys, huokoisuus, pölyävyys, painettavuus ja pintaenergia. /4 /

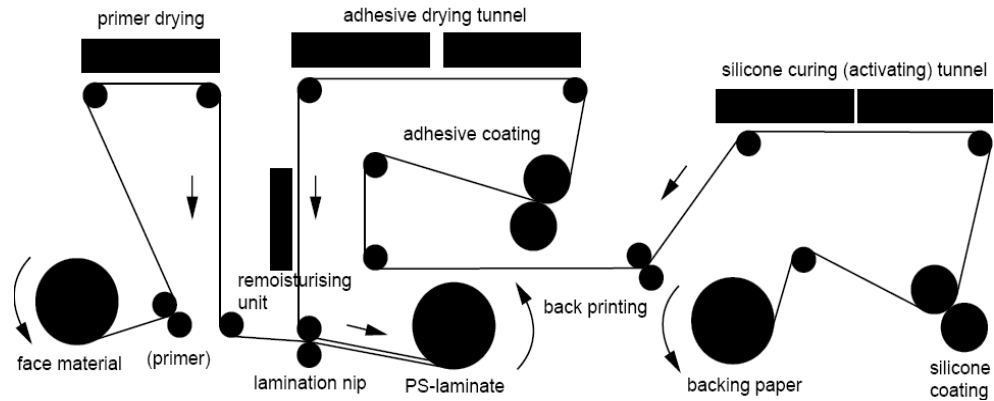
Päällystämättömät paperit ovat yleensä pintaliimattuja, super- tai konekalanteroituja papereita, joita käytetään yleisetiketöintiin, jossa ei korkeatasoista painojälkeä vaadita. Päällystetyt paperit ovat puuvapaita, konepäällystettyjä ja superkalanteroituja papereita, joita käytetään kohteisiin joihin halutaan korkeatasoinen painojälki. /4/

Thermal-paperit ovat lämpöherkillä pigmenteillä päällystettyjä papereita. Käyttökohteena ovat tuotteet, joihin informaatio tehdään lämmön avulla. /4/

Synteettisten materiaalin käyttö etikettimateriaalina on lisääntynyt viime vuosina merkittävästi. Synteettisinä pintamateriaaleina käytetään yleisimmin polyeteeniä, polypropeeniä, polyesteriä ja polystyreeniä. Muovietiketit ovat lujia sekä kestävät kosteutta, rasvoja ja kemikaaleja paremmin. /3/

## 2.5 Valmistusprosessi

Tarralaminaatin valmistetaan laminoitkoneilla, joissa kaksi ratamuotoista komponenttia yhdistetään laminaatiksi. Tarralaminaatin valmistus koostuu silikonin applikoinnista ja kovettamisesta, liiman applikoinnista ja kuivattamisesta sekä pinta- ja taustamateriaalin yhteen laminoinnista. /10/



Kuva 2. Tarralaminaatin valmistusprosessi. /10/

### 2.5.1 Taustapaperin silikonointi

Liutinvapaassa silikonoinnissa käytetään yleisesti monitela-asemia silikonin applikoimiseksi taustamateriaalille. Halkaisemalla silikonifilmi useaan kertaan telanpeissä saadaan aikaan tasaisempi silikonipinta vähemmällä silikonimäärällä. Silikonipinnan tasaisuuteen ja siirtyvään silikonimäärään voidaan vaikuttaa myös säätämällä annostelutelojen välistä telarakoa sekä telanopeutta. /1,12/

Silikonointiasemalta silikonipäällystetty taustamateriaalirata kulkee kuivaustunneliin. Kuivaus- eli verkkouttamistunneli muodostuu useasta peräkkäisestä, lievän kaaren muotoon asennetusta suutinkuivaimista. Joskus silikonin verkkouttamisen apuna käytetään infrapunakuivaimia. Verkkoutustunnelin jälkeen rata jäädytetään. /1/

Taustapaperin silikonointi voi tapahtua joko on-line tai off-line –silikoniasemilla. Taustamateriaali voidaan toimittaa laminoointikoneelle myös valmiiksi silikonoituna.

/1/

### 2.5.2 Liiman käsittely

Silikonoituun taustaan sivellään liimapäällyste laminoitukoneen liima-aseamalla. Liima voidaan levittää liuksena, emulsiona tai sulateliimana. Levitystavan valinta riippuu liiman reologisista ominaisuuksista ja halutusta liimakerroksen paksuudesta. Myös päällystettävä materiaali vaikuttaa käytettävään menetelmään. /10/

Tarralaminaatin valmistuksessa yleisimmin käytetty liiman applikointimenetelmä on vastatelapäällystys eli reverse-roll -tekniikka. Liima annostellaan jakotukin avulla takatelan ja sivelytelan väliseen kitaan. Annostelutela kaavaa sivelytelalta ylimääräisen osan liimakerroksesta ja pinnalle jäänyt liimakerros applikoidaan taustamateriaalirataan sivelytelan ja vastatelan välisessä telaraossa. Liimamäärän säätö tapahtuu takatelan ja sivelytelan välistä annostelukidan suuruutta muuttamalla sekä annostelutelan nopeutta muuttamalla. Gravure-tekniikalla varustetussa liima-asemassa liima syötetään paineistetun syöttölaatikon kautta kuppikuvioiselle gravuuri- eli rasteritelalle. Liimamäärän säätöön vaikuttaa ensisijaisesti rasteritelan kupprien koko ja muoto. Myös liiman viskositeetti vaikuttaa sivelyn määrään. /1/

Ennen ratojen yhteenlaminoitua on liimasta poistettava kaikki vesi. Liiman kuivuminen alkaa jo ennen radan saapumista kuivattimella, sillä vettä alkaa imeytyä taustapaperiin. Imeytyneen veden määrä riippuu pohjapaperin adsorptiokyvystä sekä liiman vesiretentiosta. Silikoni vähentää imeytymistä, mutta ei pysty estämään sitä. Liiman kuivatuksessa käytetään infra-, leiju- tai tuettuja kuivattimia. Kuivaimissa käytettävät lämpötilat ovat alhaisempia kuin silikonin verkkouttamisessa. Koska sulateliimat annostellaan 100 % kuiva-ainepitoisuudessa, ei niitä tarvitse erikseen kuivata. /1/



### 2.5.3 Laminointi

Viimeisenä vaiheena tarralaminaatin valmistuksessa on pintamateriaalin laminointi liimapintaiseen taustapaperiin laminointinipissä. Laminoinnissa oleellista on pinta- ja taustaratojen kireyksien hallinta. Ratakireys vaikuttaa laminointiprosessissa moniin seikkoihin, ennen kaikkea laminaatin suoruuteen sekä ratojen kohdistukseen. /4/

Ennen laminointinippiä pintamateriaalirata voidaan koronakäsitellä sekä tarvittaessa primerpäällystää. Koronoinnin avulla synteettisen kalvon pintaenergia saadaan nostettua, jolloin painoväri ja liima leviävät, kuivuvat ja ankkuroituvat tarralaminaatin pintaan täydellisesti. Koronointiyksiköitä voi olla sekä materiaalin paino- että liimapuolella. /1/

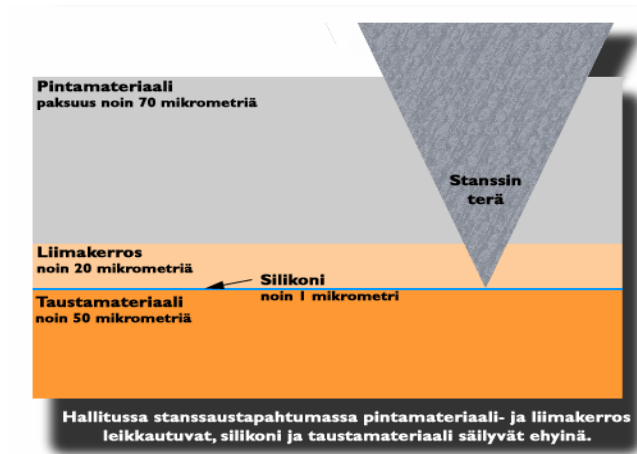
Joillekin kuitupohjaisille pintamateriaaleille sivellään liima-ajojen yhteydessä ohut, noin 2-3 g/m<sup>2</sup> primer-liimakerros. Primer sivellään pintamateriaalin sille puolelle, jolle liima myöhemmin laminointinipissä siirretään. Primer estää varsinaisen liiman tunkeutumisen pintamateriaalin läpi. Jos liima pääsee tunkeutumaan pintamateriaalin läpi, heikkenee tarralaminaatin painettavuus oleellisesti. Pintamateriaalille sivelty primer vaatii erillisen kuivatuksen. /1/

## 2.6 Jatkojalostus

Tarralaminaatista jatkojalostetaan etikettejä. Valmiiksi oikeaa leveyteen leikatut rullat tai arkit painetaan ja stanssataan sekä roskarata poistetaan. Viimeisessä vaiheessa suoritetaan etiketöinti. /4/

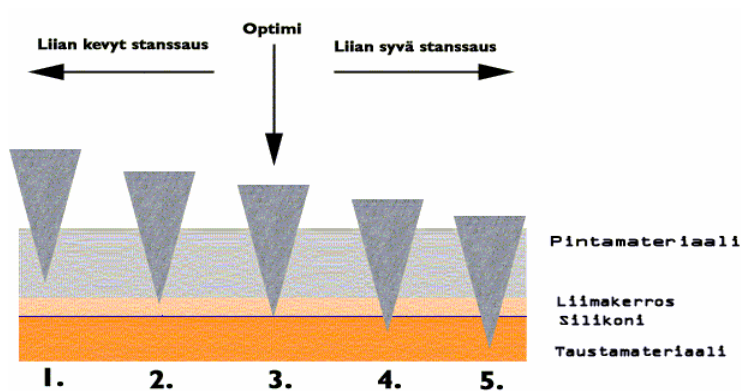
Etikettien painatukseen käytetään flexo-, koho-, syvä-, offset-, kuivaoffset-, silkki- ja epäsuoraa syväpainomenetelmää sekä digitaalispainatusta. Painomenetelmän valintaa vaikuttavat painettavan sarjan suuruus, laatuvaatimukset sekä painettava materiaali. /11/

Stanssauksella tarkoitetaan tarralaminaatin pintamateriaalin ja liimakerroksen leikkaamista loppukäytön mukaiseen muotoon ja kokoon. Kuvassa 3 on esitetty stanssaustapahtuma. Stanssaus voidaan suorittaa sekä taso- että rotaatiostanssauksena. /4/



Kuva 3. Tarralaminaatin stanssaus. /1/

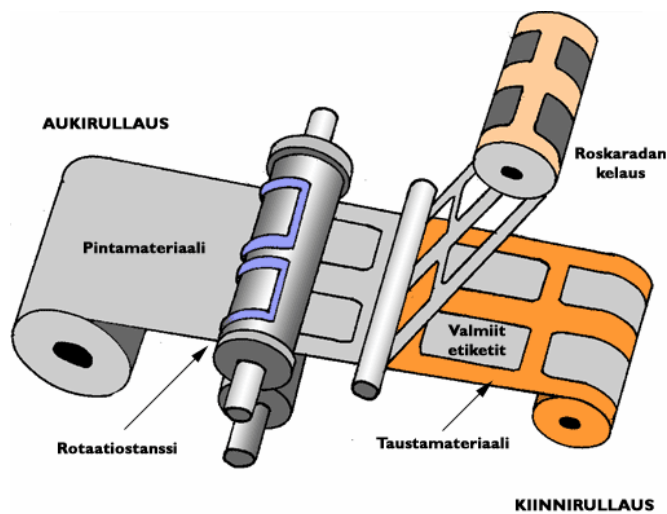
Tärkein stanssautuvuuteen vaikuttava osatekijä on laminaatin taustamateriaali. Mikäli taustan paksuusvaihtelu on suurta, saattaa stanssiterä upota liian syvälle laminaattiin vaurioittaen silikonipintaa tai leikata etiketin kokonaan irti. Silikonikerroksen vaurioituminen aiheuttaa liiman valumisen taustamateriaaliin ja laminaatin kiinniliimautumisen. /13/ Kuvassa 4 on esitetty optimi stanssaussyvyys.



Kuva 4. Optimi stanssaussyvyys. /1/

Taustapaperin bulkki puolestaan vaikuttaa taustan kokoonpuristuvuuteen stanssiterän alla. Kuitupohjaisilla pintamateriaaleilla stanssautuvuuteen vaikuttavat muun muassa kuitulujuudet, kuituorientaatio, kuitutyyppi, primerin määrä ja laatu sekä pintapaperin täyteaineet. Mineraalisten täyteaineiden käyttö pintapaperissa vaikuttaa oleellisesti stanssiterien kulutuksenkestävyyteen. Lisäksi liimamäärä, kovuus ja sitkeys vaikuttavat stanssautuvuuteen. Tarralaminaatista riippumattomia tekijöitä, jotka vaikuttavat stanssautuvuuteen, ovat koneolosuhteet, lämpötila, etiketin koko ja muoto, stanssin tyyppi ja kunto sekä terämuoto. /1,13/

Stanssauksen jälkeen tarralaminaatista poistetaan ylimääräinen pintamateriaali eli roskarata. Roskaradan poistossa oleellista on stanssauksen onnistuminen, virheetön silikonipinta sekä pintamateriaalin riittävä lujuus. Nostokulma, ratajännitys sekä vedon tasaisuus vaikuttavat myös roskaradan poistoon. /4/ Roskaradan poisto on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Roskaradan poisto. /1/

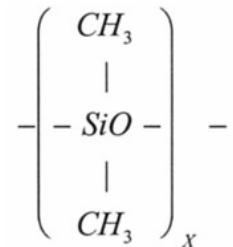
Etiketöinnissä eli dispensoinnissa tarratikketti irrotetaan taustastaan ja asetetaan käyttökohteeseen. Etiketöinti voidaan suorittaa joko automaattisesti tai manuaalisesti. Automaattisessa etiketöinnissä tarratikkettirata vedetään pienisäiteisen dispensointitilan yli, jolloin etiketti irtoaa jäykempänä materiaalina taustastaan. Irrotetut etiketit asetetaan etiketöitävään pintaan puhaltamalla tai painamalla. Automaattinen etiketöinti asettaa etiketin release-arvolle rajoituksia. Release-arvon

yläraja määräytyy siitä, että etiketin täytyy irrota taustapaperista kulkiessaan dispensointitelan ylitse. Release-arvo ei myöskään saa olla liian alhainen, sillä tällöin etiketit saattavat dispensoitua kulkiessaan pienisäteisten johtotelojen ylitse. Manuaalisessa etiketöinnissä etiketti irrotetaan taustastaan käsin ja liimataan kohteeseen. Käsietiketöinti ei vaadi tarralaminaatilta erityisen tarkkaa irtoarvoa. /1,4/

### 3 SILIKONI

#### 3.1 Rakenne ja ominaisuudet

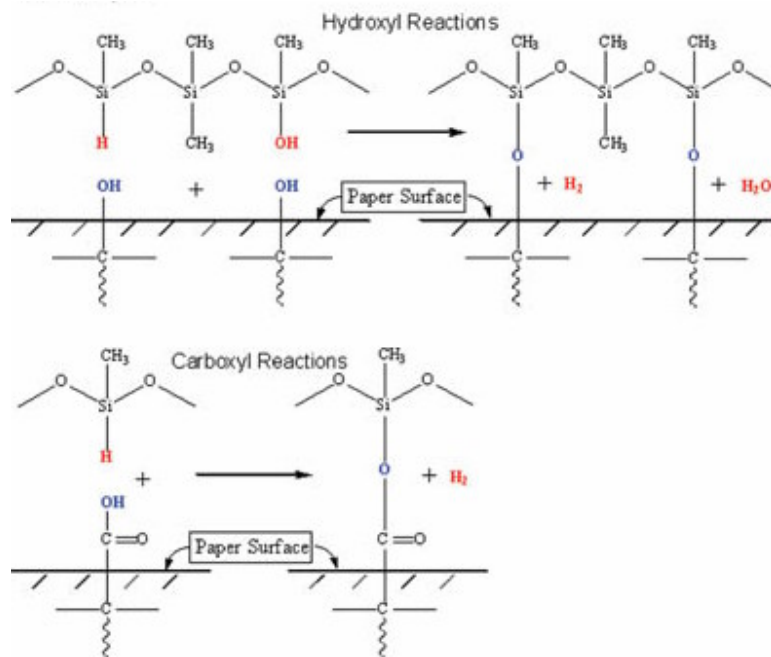
Silikonipäälyste muodostuu pääasiallisesti vuorottelevista pii-, happi- ja metyyliryhmistä koostuvista lineaarisista polydimetyylioksaaneista. Polydimetyylioksaanimolekyylillä on rakenteeltaan spiraali, jossa toistuvaan pii-happiryhmään on kiinnittynyt orgaaninen ryhmä kuvan 6 mukaisesti. Paperinjalosteisiin tarkoitetuissa silikoneissa tämä ryhmä on yleensä metyyliryhmä. /14/



Kuva 6. Lineaarinen polydimetyylisiloksaani. /15/

Silikonipolymeerit ankkuroituvat irrokepaperin pintaan osittain mekaanisesti ja osittain kemiallisesti. Kun silikoni levitetään huokoiselle irrokepaperille imeytyy se helposti pohjapaperiin muodostaen näin nk. mekaanisen sidoksen pohjapaperin kanssa. Useimmiten silikonoinnissa käytetyt irrokepaperit on kuitenkin käsitelty niin että silikonin imeytyminen on mahdollisimman vähäistä. Pintaliimausta käytetään etupäässä vähentämään silikoniliuoksen imeytymistä sekä parantamaan irrokepinnan tasaisuutta. Irrokepaperin selluloosa sekä pintaliima sisältävät reagoimattomia –OH ja

–COOH ryhmiä, jotka voivat reagoida silikonin verkkouttajan kanssa. Kuvassa 7 on esitetty silikonin verkkouttajan ja paperipinnan välisiä reaktioita. Silikonipolymeerien happiatomit voivat myös muodostaa vetysidoksia irrokepaperin selluloosan OH-ryhmien kanssa ja siten silikonikerros kiinnittyy paperin pinnalle. /16/



Kuva 7. Silikonipolymeerin kiinnittyminen paperin pinnalle verkkouttajan avulla. /16/

Yksi tärkeimmistä silikonipäällysteen ominaisuuksista on sen alhainen pintaenergia (21-22 dyne/cm). Alhainen pintaenergia antaa silikonipäällysteelle kyvyn vastustaa vesipohjaisen liiman tunkeutumista silikonipäällysteeseen. Osasyynä tähän oletetaan myös olevan metyyliryhmien orientoitumisen. /6,17/

Silikonipolymeerit ovat tavallisesti polaarittomia. Molekyylien väliset voimat ovat pieniä, toisin sanoen niiden koheesioenergia on pieni, mistä johtuen molekyylitason vetovoimia ei synny muiden materiaalien kanssa. Polydimetyylisiloksaani on myös yhteen sopimaton orgaanisten polymeerien kanssa, joista suurin osa etikettiliimoista valmistetaan. /6/

Silikonipolymeeriketjut ovat joustavia ja liikkuvaisia, ja ne orientoituvat molekyyllitasolla jossain määrin liiman mukaisesti, mikä saattaa myötävaikuttaa irrotusominaisuuksiin. /6/ Silikonipolymeeriketjun joustavuus yhdessä alhaisen pintaenergian kanssa mahdollistaa release ominaisuuksien aikaansaamisen päällystettävälle pinnalle. /17/

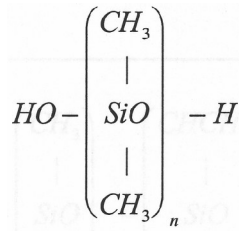
Tärkein silikonipolymeerin ominaisuus, joka vaikuttaa saavutettavaan irrotusvoimatasoon on sen verkkoontumistiheys eli sitoutumiskohtien lukumäärä tilavuusyksikköä kohti. Verkkoonntumistiheyteen vaikuttavat polymeerin moolimassa ja molekyylin rakenne sekä verkkoontuttajan määrä ja rakenne. /6,18/

Silikonipäällysteellä on myös muita ominaisuuksia, jotka tekevät siitä käytetyimmän irrokepäällysteen; se on myrkytön, sillä on hyvä lämmönkesto sekä filminmuodostuskyky, se on vaikeasti hapettava ja sen viskositeetti on lähes riippumaton lämpötilasta. /6/

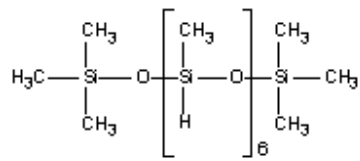
### 3.2 Silikonipäällysteen verkkoontuttamisreaktiot

Lämmön avulla kovetettavan silikonipäällysteen verkkoontuminen voi perustua joko kondensaatio- tai additioreaktioon. Kondensaatioreaktiolla tapahtuvaa verkkoontumista käytetään yleensä liuotainpohjaiseen tai emulsiosilikonointiin. Additioreaktiota sovelletaan pääsääntöisesti liuotinvapaassa silikoinnissa, mutta myös liuotainpohjainen ja emulsiosilikonointi ovat mahdollista toteuttaa additioreaktion avulla. /19/

Kondensaatioreaktio vaatii silanoli-ryhmään päättyvän polydimetyylisiloksaanipolymeerin, polymetyylihydroksiloksaanin verkkoontajapolymeeriksi sekä kondensaatiokatalyytin. /19/ Kuvassa 8 on esitetty silanolipolymeeri ja kuvassa 9 metyylihydroksisilikoniverkkouttaja.

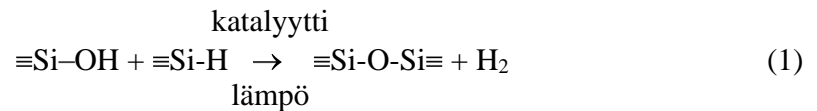


Kuva 8. Silanolipolymeeri. /15/



Kuva 9. Metyylihydroksisilikoniverkkouttaja. /17/

Verkkouttajan SiH ryhmät ovat hyvin reaktiivisia ja ne reagoivat silanoli-ryhmien kanssa kondensaatioreaktiossa reaktioyhtälön 1 mukaisesti. /19/



Tyypillisiä katalyyttejä kondensaatiomekanismissa ovat orgaaniset tinayhdisteet kuten dibutyylitinadiasetaatti, dibutyylitinadilauraatti ja dioktyylitinadilauraatti. Reaktion käynnistymiseen tarvitaan kosteutta, normaali ilmankosteus on yleensä riittävä. Reaktion sivutuotteena syntyy pieni määrä vetykaasua, alkoholia tai karboksyylihappoja verkkouttajasta riippuen. /6,19/

Reaktio alkaa hitaasti jo huoneenlämpötilassa, joten katalyytti täytyy pitää erillään polymeeristä ennen lopullista käyttöä. Komponentit toimitetaan yleensä kahdessa osassa, peruspolymeeri yhdessä verkkouttajan kanssa sekä toisessa osassa katalyytti. Silikoniseos voi sisältää myös erilaisia lisäaineita, kuten stabilointiaineita, aktivoitumista nopeuttavia aineita, ankkuroitumislisäaineita tai releasesäätöaineita. /19/

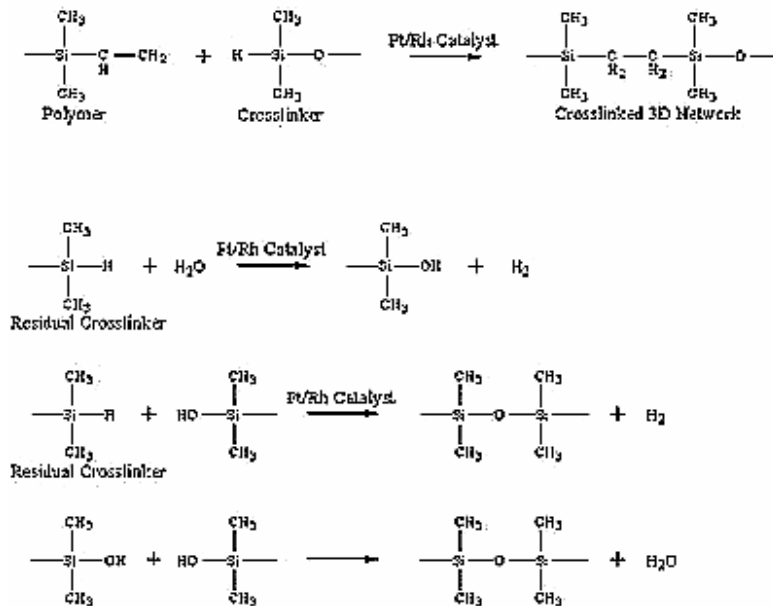
Kondensaatioreaktio on reversiibeli. Jotta reaktio tapahtuisi riittävän pitkälle, on verkkoontumisaikojen oltava suhteellisen pitkiä. Vaadittavat verkkoontumisolosuhteet ovat 120–150 asteen lämpötila ja aika 20–30 sekuntia. /19/

Additioreaktiossa reagoivat kondensaatioreaktion tavoin metyylihydroksisilikoniverkkouttaja ja reaktiivinen orgaaninen polymeeri. Polymeeri on usein vinyylisilikoni. Additioreaktiossa käytetään jalometallikatalyyttiä, yleensä platinan tai rhodiumin yhdisteitä. Katalyyttiä tarvitaan huomattavasti vähemmän kuin kondensaatioreaktiossa. Reaktio tarvitsee käynnistyäkseen myös lämpöä, jotta nopea ristisilloittuminen tapahtuu. Verkkoontumiseen vaadittava aika vaihtelee 5-55 s ja lämpötila 80–170 °C välillä. /16,19/

Additioreaktiossa täytyy käyttää inhibiittia pidentämään silikonipäällysteen käyttöaika, koska additioreaktio on nopea jo huoneenlämmössä. Inhibiitti reagoi katalyytin kanssa muodostaen kompleksin, joka estää katalyytin toimimisen. Lämpötilan kohottaminen tuhoaa inhibiitin ja katalyytin muodostaman kompleksin, jolloin katalyytti vapautuu ja verkkoontuminen voi tapahtua. Inhibiitit ovat usein orgaanisia yhdisteitä, joissa on kaksois- tai kolmoissidoksia. Seoksissa voi myös olla releasen säätöainetta tai liuotinta mukana. /20/

Additioreaktiossa ei synny sivutuotteita. Se on luonteeltaan eksoterminen eli lämpöä vapauttava, joten reaktion alettua se tapahtuu kokonaan suhteellisen nopeasti eikä kondensaatioreaktiolle tyypillistä jälkikypsymistä esiinny. /19/ Kuvassa 10 on esitetty silikonipolymeerin additioreaktio.





Kuva 10. Silikonipolymeerin additioreaktio. /16/

### 3.3 Liuotinvapaa silikonit

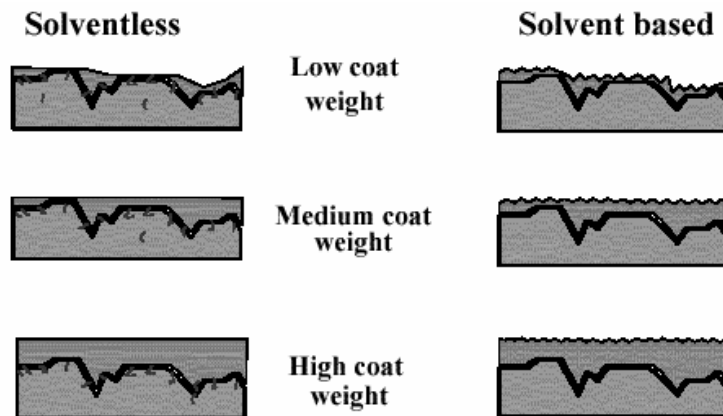
Silikonointitapoja on olemassa kolme, UPM Raflatac käyttää laminaatteihinsa liuotinvapaaalla silikonoinnilla valmistettuja irrokepäällysteitä. Muita mahdollisia tapoja ovat emulsio- ja liuotinpohjaiset silikonit.

Kaikissa menetelmissä lähtökohtana on sama polydimetyylisiloksaanirakenne. Eri menetelmissä käytetyt polymeerit eroavat toisistaan polymeeriketjun pituuden suhteen, mikä puolestaan näkyy viskositeettieroina. /21,22/

Liuotinvapaaalla silikonoinnissa päällystys tapahtuu 100 % silikonilla. Polymeerit ovat molekyyliketjultaan huomattavasti lyhyempiä kuin liuotinainepohjaisessa silikonoinnissa. Lyhytketjuisella polymeerillä saadaan päällystysseoksen viskositeetti riittävän alhaiseksi, jotta sitä voidaan päällystää ilman liuottimia. Lyhytketjuisesta polymeeristä johtuen verkkoontumistiheys liuotinvapaaalla silikonoinnissa on suuri. Tuloksena saadaan kova, hartsimainen pinta. /17,22/

Lyhytketjuisten polymeerien käytöllä on myös jotakin haittapuolia, alhaisen viskositeetin takia polymeerit tunkeutuvat helposti paperin sisään. Tästä johtuen liuotin vapaalla silikonoinnilla joudutaan käyttämään suurempia silikonimääriä kuin liuotainpohjaisella silikonoinnilla. Tavallisesti määrä vaihtelee  $0,7 - 1,2 \text{ g/m}^2$ , kun liuotainpohjaisella silikonoinnilla riittää  $0,5 - 0,7 \text{ g/m}^2$ . /19,21/

Liuotin vapaassa silikonoinnissa pohjamateriaalin on oltava sileä, jotta silikonoimattomia kohtia ei jäisi. Toisin kuin liuotainpohjaisessa silikonoinnissa silikonifilmi ei liuotin vapaassa myötäile tasapaksuna kerroksena pohjapaperin muotoja, vaan matalan viskositeetin omaavana muodostaa sileän yläpinnan ja tunkeutuu paperipinnassa oleviin koloihin. /22/ Kuvassa 11 on esitetty silikonipinnan muodostuminen eri silikointimenetelmillä sekä silikonimäärän vaikutus muodostuvaan pintaan.



Kuva 11. Silikonipinnan muodostuminen eri silikointimenetelmillä. /22/

Silikonikerroksen ankkuroituminen sileään pintaa etenkin muovipintaan, saattaa olla vaikeaa ja tätä parannetaan koronakäsittelyllä. Siinä pohjamateriaalin pinta hapettuu ja sen pintajännitys kasvaa edesauttaen näin silikonin kiinnittymistä. /22/

#### 4 RELEASE JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Silikonoidun taustapaperin tehtävän on suojata liimakerrosta ja pitää laminaatti yhdessä käsittelyn aikana. Tämän lisäksi taustapaperin tulee olla helposti irrotettavissa tarraetiketistä. Release kuvaa sitä voimaa, joka tarvitaan irrottamaan tarralaminaatin pintapaperi taustapaperista. Tämä voima tarvitaan rikkomaan liimapinnan ja silikonipinnan väliset luonteeltaan sekundääriset sidokset. /6/

Silikonoidun pinnan irtoaminen liimasta on monimutkainen prosessi, jota ei täysin tunneta. Kyseessä ei ole vain adheesion puute, vaan ilmiö on monimutkaisempi. Tarralaminaatin release-arvoon vaikuttavia yksittäisiä tekijöitä on kokeellisesti tutkittu, mutta useamman näistä parametreista muuttuessa samanaikaisesti, vaikeuttavat ristikkäisvaikutussuhteet ja vanhenemisilmiö huomattavassa määrin tutkimuksia eikä yhteisvaikutuksia tarkasti tiedetä. Satas on määrittänyt irtoarvoon vaikuttavat tekijät seuraavasti /6/:

##### Liimapäällyste

- kemiallinen tyyppi
- filmin paksuus
- moduuli
- ohenteet

##### Silikonipäällyste

- kemiallinen koostumus
- sivelymäärä
- sivelyn tasaisuus
- verkkoontumisaste ja –tiheys
- moduuli

##### Taustamateriaalin ominaisuudet

- karheus
- huokoisuus
- pintaliimaus tai pehmittimet
- pintaenergia

##### Laminaatin ominaisuudet

- paperin ikä
- laminaatin ikä
- paksuus ja moduuli
- sivelymenetelmä

##### Mittaustapa

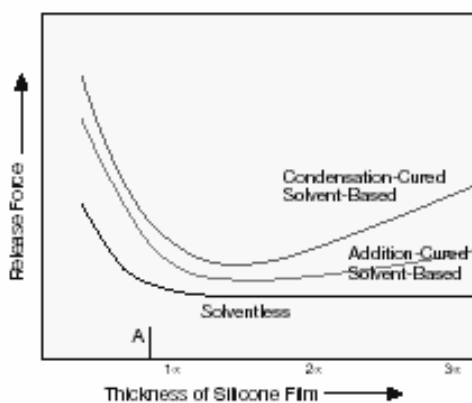
- nopeus
- kulma
- näytteen leveys

#### 4.1 Release-arvon mittaus

Release-mittauksella tarkoitetaan sen voiman mittaamista, joka vaaditaan pintamateriaalin irrottamiseen taustasta. Tätä voimaa kutsutaan myös irtoarvoksi. Alhaisen nopeuden irtoarvo eli low speed mitataan vetämällä pinta irti taustasta 180 asteen kulmassa vetonopeudella 300 mm/min. Korkean nopeuden irtoarvo eli high speed mitataan siten, että tausta irrotetaan pintamateriaalista 180 asteen kulmassa vetonopeudella 10–100 m/min. /23/

#### 4.2 Silikonipäällysteen vaikutus

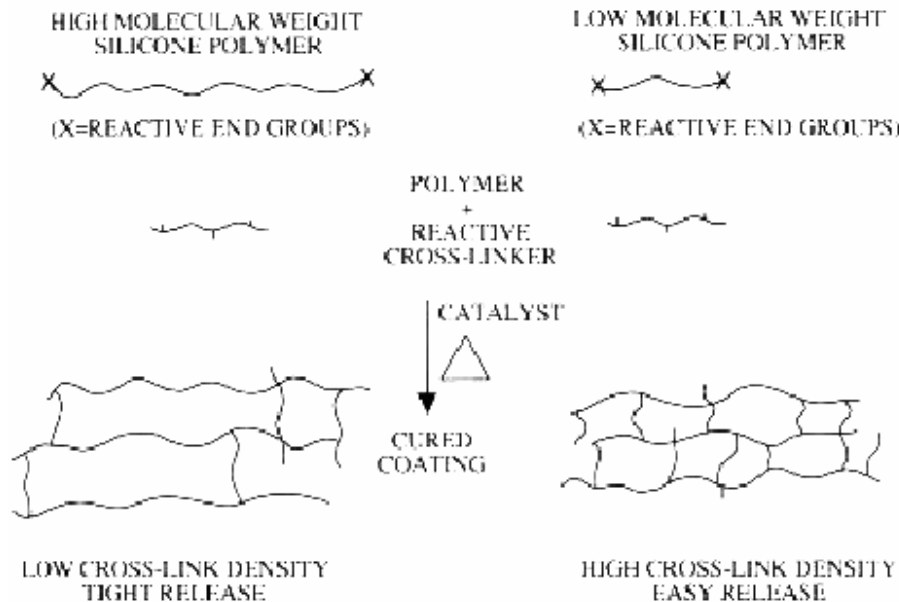
Releaseen vaikuttaa suuresti silikonimäärä ( $\text{g/m}^2$ ) erityisesti alhaisilla päällystemäärillä. Silikonipäällysteen määrää lisättäessä irrotusvoima-arvot laskevat melko jyrkästi tietylle tasolle, jonka jälkeen päällystemäärän lisääminen vaikuttaa irtoarvoon enää vähän. Paperille päällystettäessä tämä raja-arvo on noin  $1 \text{ g/m}^2$  ja muoville päällystettäessä noin  $0,5 \text{ g/m}^2$ . Arvot riippuvat käytetystä silikonointimenetelmästä. Päällystekerroksen paksuuden vaikutus irtoarvoihin eri silikonointi menetelmissä on esitetty kuvassa 13. /17/



Kuva 13. Silikonikerroksen paksuuden vaikutus release arvoon. /17/

Silikoniliuoksen polymeerien valinnalla voidaan hallitusti vaikuttaa irrotusvoimatasoon. Liuotinvapaalla silikonoinnilla saadaan matalampia irrotusvoiman arvoja kuin

liuotinpohjaisella silikonoinnilla. Tämä johtuu molekyyliketjun pituudesta ja verkkoontumistiheydestä. /17/ Kuvassa 14 on havainnollistettu verkkoutumistiheyden vaikutus irtoarvoon.

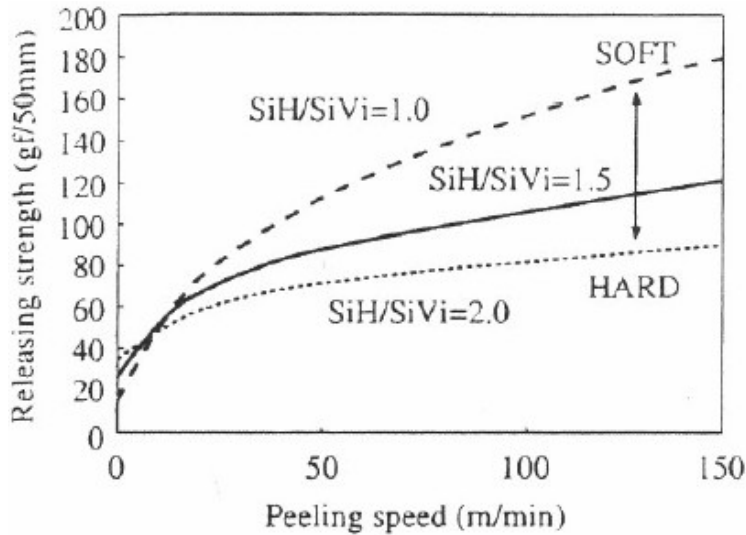


Kuva 14. Verkkoutumistiheyden vaikutus irtoarvoon. /6/

Verkkoontumistiheyteen vaikuttavat silikonipolymeerin molekyyli­massan lisäksi myös silikonipolymeerin ja verkkoontuttajan määrä ja rakenne. Korkeampi molekyyli­massa aiheuttaa pidempiä polymeeriketjuja verkostoon ja tästä johtuen päällysteestä tulee pehmeä ja elastinen. Silikonipinnan elastisuus mahdollistaa liima-aineiden tunkeutumisen silikoniverkon sisään nostaen näin release-arvoa. Lyhyimmillä polymeeriketjuilla aikaansaadaan melkein joustamaton, kova silikonipinta. Verkkoutumistiheys on korkea joten liima ei pääse penetroitumaan silikonikerrokseen läheskään niin hyvin kuin elastiseen pintaan. Tästä johtuen alhaisen molekyyli­massan omaavat polymeerit antavat alhaisemman sekä stabiilimman release-arvoon kuin korkeampi molekyyli­massa polymeerit. /6,17,18/

Verkkoontuttajan vetyryhmän (Si-H) ja silikonipolymeerin vinyyliryhmän (Si-Vi) välisellä moolisuhteella pystytään vaikuttamaan päällysteen verkkoontumistiheyteen. Suhteen vaikutus release arvoon on esitetty kuvassa 15. Jos päällysteeseen jää vielä reagoimattomia vinyyliryhmiä kovettamisen jälkeen, saattavat nämä ryhmät reagoida

myöhemmin liiman kanssa aiheuttaen release-arvon nousun. Optimi suhde on yleensä hieman yli 1,0 sen mukaan minkälaista laatua halutaan. /24,25/



Kuva 15. Si-H/Si-Vi suhteen vaikutus release-arvoon. /24/

Peruspolymeerin antama irtoarvo saattaa olla joihinkin käyttökohteisiin liian matala. Tällöin irtoarvoa voidaan säätää ns. heikennys- eli säätöaineen avulla. Säätöaineiden toiminta perustuu pidemmästä polymeeriketjusta johtuvaan alhaisempaan verkkoontumistiheyteen tai reagoimattomiin silikonipolymeereihin. /20/

### 4.3 Taustapaperin vaikutus

Taustapaperin pintaominaisuuksilla on keskeinen vaikutus silikonipäällysteen filminmuodostukseen ja sitä kautta laminaatin irtoarvoon. Tärkeimpiä ominaisuuksia ovat paperin pinnan sileys, tiiveys(huokoisuus) ja kemiallinen sopivuus silikonille. /10/

Taustapaperin pinnan sileys on yksi tärkeä paperilta vaadittava ominaisuus. Jos pinta on karhea, silikoni ei kykene täysin peittämään paperin pintaa. Päällysteeseen jää kohtia, joissa silikonia on runsaasti tai ei ollenkaan. Tällöin liima pääsee kontaktiin taustapaperin kuitujen kanssa ja laminaatin release-arvo kasvaa. /16/

Paperin karheus jaetaan mikro-, makro- ja optiseen karheuteen. Näistä erityisesti mikrokarheuden on todettu vaikuttavan silikonin kulutukseen. Mikrokarheus aiheutuu partikkelien pakkautumisesta ja flokkuloitumisesta, kuitukarheudesta ja kuitukoosta. Mikrokarheutta kuvaa hyvin paperin kiilto. /26/

Taustapaperin pinnan huokoisuuden tulee olla mahdollisimman pieni eli pinnan on oltava tiivis, jotta silikoni ei tunkeudu taustapaperiin. Silikonin tunkeutuessa taustapaperiin pääsee liima kosketuksiin kuitujen kanssa, koska silikoni ei pysty täysin peittämään paperin pintaa. Tällöin tietyn irrotusvoimatason aikaansaamiseksi vaadittava silikonimäärä kasvaa. Huonon absorptiovastuksen omaavalle tasaisellekin paperille voi olla mahdotonta saada tyydyttävää silikonipintaa. /27/

Kuituverkoston huokosrakenteen ja kuidun pintaominaisuuksien vuoksi useimmat nesteet tunkeutuvat nopeasti paperiin, jos sitä ei ole käsitelty lisäaineilla. Niinpä paperin luontaista nesteimukykyä joudutaan rajoittamaan esimerkiksi pintaliimauksella tai päällystyksellä, jotta se soveltuisi silikonointiin. Kaikki spontaanit nesteiden tunkeutumislmiöt riippuvat viimekädessä van der Waalsin attraktiivoimista nesteen ja kiinteän aineen molekyylien välillä. Näiden voimien keskinäinen suhde voidaan ilmaista nesteen ja kiinteän aineen välisenä adheesiotyönä. /16,26/

Taustapaperin kemialliset ominaisuudet vaikuttavat silikonin ankkuroitumiseen taustapaperille ja silikonin verkkoutumisreaktioihin. Taustapaperin pinnan tulee olla mahdollisimman inertti, jotta silikonipäällysteen verkkoutuminen olisi häiriötöntä. Kuitenkin pinnan tulisi sisältää hydroksyyli-ryhmiä, joiden avulla silikonikerros ankkuroituu pohjamateriaaliin kiinni. Pohjapaperin pintaliimaus on eräs keino parantaa ankkuroitumista. /16/

Additioverkkootumista häiritsevät monet kemialliset aineet kuten vapaa karboksyyli-, amino- tai iminoryhmä. Paperinvalmistuksessa näitä aineita saattavat olla eräät lisäyskemikaalit kuten vaahdonesto- ja väriaineet. /26/

#### 4.4 Liiman vaikutus

Irrotusvoimien tasoon vaikuttavia tekijöitä ovat silikonin ja liiman välille syntyneet sidokset, liiman siirtyminen silikonikerrokseen, silikonin siirtyminen liimakerrokseen ja pintojen orientoituminen toistensa mukaisesti. Pinnan yli muodostuu myös sekundäärisidoksia, joiden luonne ja voimakkuus vaihtelevat käytetyn silikonin ja liiman mukaan. /26/

Varsinainen reaktio silikonipinnan ja liiman välillä on vapaiden Si-H verkkouttajien reagoiminen reaktiivisten karboksyyliyhmiä kanssa. Liimassa reaktiivisia karboksyyliyhmiä saattaa olla mm. tartuntahartseissa ja pehmittimissä. Si-H-ryhmät saattavat reagoida myös polyakrylaateissa olevien happo- tai esteriryhmien kanssa, koska liuotinvapaissa silikoneissa on aina jonkin verran vapaita Si-H-ryhmiä, joista 10-50% jää reagoimatta. /25/

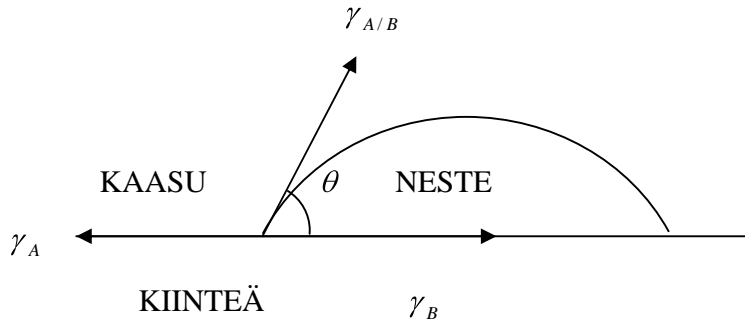
Liiman ja pinnan väliselle adheesiolle on tärkeää, kuinka hyvin liima kostuttaa pinnan. Tosin sanoen liiman on päästävä molekyylitason kontaktiin pinnan kanssa. Jotta adheesio olisi hyvä, tulisi liiman pintajännityksen olla pienempi kuin kiinteän pinnan pintajännityksen. /10/

Mitä alhaisempi viskositeetti, sitä liikkuvampia ovat polymeerit ja sitä parempia ovat kostutusominaisuudet. Polymeerillä, jolla on alhainen moolimassa, on siis hyvät kostutusominaisuudet. Polymerisointisasteen noustessa paranee liiman koheesiolujuus ja tällöin release kasvaa. Nostettaessa moolimassaa edelleen release laskee, koska liiman kostutusominaisuudet heikkenevät. Koheesion puute muuttuu adheesion puutteeksi moolimassaa nostettaessa. /10,26/

Liiman kostutuskykyä mitataan liiman ja kiinteän pinnan välisellä kontaktikulmalla. Jos kontaktikulma on suurempi kuin  $0^\circ$ , ei aine levittäydy optimaalisesti pinnalle. Jos taas kulma on  $0^\circ$ , aine levittyy helposti koko pinnalle, ja levitysnopeus on riippuvainen



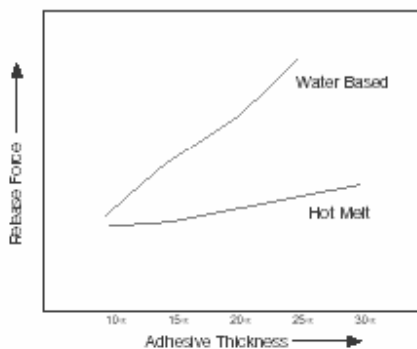
aineen viskositeetista ja pinnan karheudesta. /10/ Kuvassa 16 on esitetty ilma-neste-kiinteä aine rajapinnassa vaikuttavat pintajännitykset.



Kuva 16. Ilma-neste-kiinteä aine rajapinnassa vaikuttavat pintajännitykset. /10/

Release-arvojen muuttuminen ajan myötä eli vanheneminen on pääasiallisesti liimasta johtuva ominaisuus. Vanhenemiseen vaikuttavat liiman peruspolymeerissä tai tartuntahartsissa olevat kaksoissidokset. Erityisesti puun hartsien ominaisuudet muuttuvat ajan myötä. Myös silikonipinta saattaa vaikuttaa vanhenemiseen, muun muassa siinä vapaina olevien reaktiivisten ryhmien välityksellä. /28/

Liimakerroksen paksuus vaikuttaa release-arvoon kuvan 17 mukaisesti. Liimakerroksen paksuuden kasvaessa release-voima kasvaa. /29/

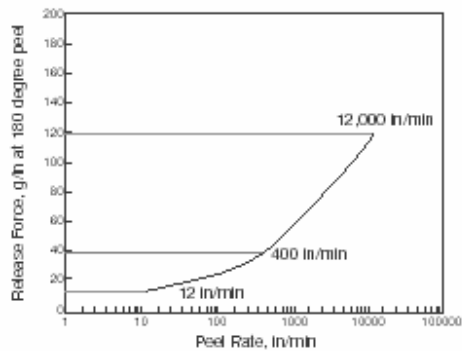


Kuva 17. Liimakerroksen paksuuden vaikutus release-arvoon dispersio- sekä hotmelt-liimoilla. /29/

#### 4.5 Muut releaseen vaikuttavat tekijät

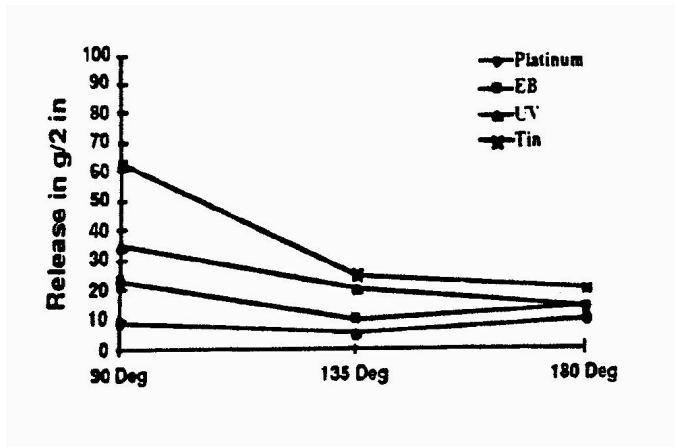
Muita releaseen vaikuttavia tekijöitä ovat irrotusnopeus ja -kulma, lämpötila sekä kosteus.

Kuten kuvasta 18 voidaan havaita mittaus eri irrotus nopeuksilla antaa hyvin erilaiset release-arvot. Siihen kuinka paljon nämä arvot eroavat toisistaan vaikuttaa mm. liima, silikoni ja irrotuskulma. Irrotuskulma on se kulma, jolla pintapaperi ja liima irrotetaan taustapaperista. /30/



Kuva 18. Irrotusnopeuden vaikutus release-arvoon. /30/

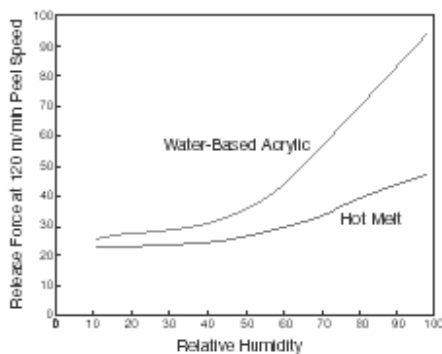
Irrotuskulman vaikutusta release-arvoon testattiin päällystämällä pohjapaperi erilaisilla silikoniliuoksilla. Tämän jälkeen irrokepaperi laminoitiin käyttäen kaikissa samaa liimaa sekä jokaisessa pintamateriaalina polyesteri filmiä. Polyesterifilmi poistettiin käyttämällä erisuuruisia irrotuskulmia. Kuten kuvasta 19 nähdään vaihtelevat release arvot eri irrotuskulmilla. Kuvasta nähdään myös, että release-arvot eri silikoniliuoksilla ovat lähellä toisiaan irrotuskulman ollessa 180° kun taas irrotuskulman ollessa 90° arvot poikkeavat huomattavasti toisistaan. /31/



Kuva 19. Irrotuskulman vaikutus release-arvoon. /31/

Käytännössä taustapaperi voidaan irrottaa useassa eri kulmassa, mutta varsinaiset release testi suoritetaan yleensä  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  tai  $180^\circ$  kulmalla. Kulman oletetaan pysyvän vakiona vaikkakin todellisuudessa näin ei ole. Taustapaperin tai pintapaperin jäykkyys voi muuttaa mittauskulmaa ja näin ollen vaikuttaa mitattuun releasearvoon. /31/

Myös lämpötila ja kosteus vaikuttavat release-arvoihin. Kosteus vaikuttaa pintapaperin jäykkyyteen ja näin ollen saavutettavaan release-arvoon. Kuvasta 20 on nähtävissä, että kun suhteellinen kosteus kasvaa myös release nousee. Lämpötila vaikuttaa erityisesti liiman ja silikonin reologisiin ominaisuuksiin ja tätä kautta saavutettuun releasetasoon. /32/



Kuva 20. Kosteuden vaikutus release-voimaan hotmelt sekä dispersioliimoilla. /32/

## **II KOKEELLINEN OSA**

### **5 TYÖN TAVOITE JA SUORITUS**

Työn ensimmäisessä osassa tarkoituksena oli määrittää high speed release -spesifikaatiot tietyn asiakkaan tilaamille tuotteille käyttäen irrotusnopeutta 10 m/min. Tämä on spesifikaatio, jota ei normaalisti asiakkaille toimiteta ilman erillispyyntöä. Osalle tuotteista kyseinen spesifikaatio oli määritetty aikaisemmin ja nämä päivitettiin kun taas osalta tuotteista kyseinen spesifikaatio puuttui.

Työn toisessa osassa tarkasteltiin high speed release -testeissä käytetyn irrotusnopeuden vaikutusta tuotteen release-arvoon. Testeihin valittiin tuotteita kolmelta eri tuotantolaitokselta. Testit suoritettiin käyttäen neljää eri irrotusnopeutta. Standardi-irrotusnopeuden, 100 m/min, lisäksi testi suoritettiin 10, 50 ja 150 m/min nopeuksilla.

Työn kolmannessa osassa tarkoituksena oli selvittää korreloiko UPM Raflatocissa käytetty standardi LSR mittaus (irrotusnopeus 300 m/min) HSR mittauksen kanssa, kun HSR-testissä käytetty irrotusnopeus oli 10 m/min. HSR-testi kuvaa paremmin irrotustyötä, joka tarvitaan tarralaminaatin jatkojalostuksessa kuin nykyisin käytössä oleva LSR-testi. Testeihin valitut tuotteet olivat peräisin eri tuotantolaitoksilta ja näistä mitattiin LSR irrotusnopeudella 300 m/min sekä HSR irrotusnopeudella 10 m/min. Lisäksi verrattiin mitattuja LSR-arvoja tuotteelle asetettuihin spesifikaatioihin.

### **6 TYÖSSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT**

Release on voima, mikä tarvitaan tarralaminaatin pintamateriaalin irrottamiseen taustasta. Releasearvo on tarralaminaatin toimivuuden kannalta tärkein mitattava suure ja se kuvaa parhaiten silikonipinnan laatua. Releasearvo voidaan mitata alhaisella tai korkealla irrotusnopeudella. Releasemittaukset tehtiin käyttämällä Finatin menetelmiä high speed releaselle (HSR) sekä low speed releaselle (LSR). /32/

#### FTM 4 - High speed release force

High speed release mittaa voimaa, joka tarvitaan irrottamaan joko tarralaminaatin pintamateriaali taustapaperista tai taustamateriaali pintamateriaalista. Molemmat menetelmät suoritetaan  $180^\circ$  kulmalla irrotusnopeuden ollessa 10 m/min ja 300 m/min välissä. UPM Raflatacissa käytetty standardinopeus on 100 m/min. Menetelmien antamat tulokset poikkeavat toisistaan. Testi on rinnastettavissa voimaan, joka tarralaminaatin jalostuksessa sekä etiketöinnissä tarvitaan. HSR testi vastaa paremmin tarralaminaatin jatkojalostuksessa tapahtuvaa irrotustyötä kuin LSR. Hyvin alhaisilla arvoilla etiketit saattavat lennellä jatkojalostuksen tai etiketöinnin aikana. Korkeat releasearvot voivat aiheuttaa ratakatkoja roskaradan poistossa tai ongelmia etiketöinnissä.

Ennen testejä materiaali tulee pitää 20 tuntia painossa (6,87 kPa) standardiolosuhteissa  $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , jotta varmistetaan hyvä liiman ja release paperin välinen kontakti. Painon jälkeen materiaalin tulee ilmastoitua standardiolosuhteissa vähintään 4 tuntia. Materiaalista leikattava testikappale on 25 mm leveä sekä minimi pituus kappaleelle on 30 mm konesuuntaan leikattuna. Kuvassa 21 on esitetty HSR mittausmenetelmä, jossa pintapaperi irrotetaan taustapaperista  $180^\circ\text{C}$  kulmassa./32/ Tässä työssä käytettiin laitteistoa, joka mittaa HSR arvon irrottamalla taustapaperin pintamateriaalista.

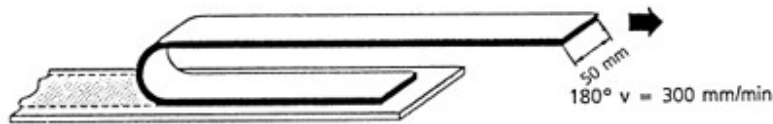


Kuva 21. HSR mittaus Finatin menetelmällä FTM 4. Tarralaminaatin pintapaperin irrotus taustapaperista. /32/

Testitulokset ilmaistaan joko liuskan huippuarvona tai keskiarvona senttiNewtonina (cN) liuskan leveyttä kohden (25 mm). Tässä työssä tulokset on ilmoitettu keskiarvona, käyttäen yksikköä g/25 mm.

### FTM 3 – Low speed release force

Low speed release mittaus mittaa myös voimaa, joka tarvitaan tarralaminaatin pintapaperin irrottamiseen taustamateriaalista käyttäen 180° kulmaa sekä 300 mm/min irrotusnopeutta. Mittaus voidaan myös suorittaa irrottamalla taustapaperi pintamateriaalista. /33/ Kuvassa 22 on esitetty LSR – testin suoritus.



Kuva 22. LSR testin suoritus käyttäen FTM 3 – menetelmää. /33/

Testattava materiaali tulee käsitellä kuten HSR – menetelmässä. Testiliuskat tulee olla 50 mm leveitä sekä vähintään 175 mm pitkiä konesuuntaan leikattuna. UPM Raflatacissa release määritetään käyttämällä automaattista Instron-vetolaitetta, joka ilmoittaa tuloksen suoraan ATK:lle yksikössä g/50 mm. Tässä LSR mitattiin irrottamalla tarralaminaatin pintapaperi taustamateriaalista.

## 7 REFERENSSIASIAKKAAN SPESIFIKAATIOT HSR:LLE

Tarkoituksena oli tarkistaa eräälle asiakkaalle toimitettavien tuotteiden HSR spesifikaatiot. Kyseiselle asiakkaalle ilmoitetaan LSR-arvojen lisäksi myös HSR-arvot nopeudella 10 m/min mitattuna. Jokaiselle tuotekombinaatiolle on UPM Raflatacissa määritelty LSR spesifikaatiot, osalle tuotteista on myös määritelty HSR spesifikaatiot nopeudella 10 m/min.

## 7.1 Näytteet

Kaikki tietylle asiakkaalle toimitetut eri tuotekombinaatiot listattiin ja näistä jätettiin testien ulkopuolelle ne, joita asiakas ei ollut tilannut viimeisten vuosien aikana. Testeihin valitut tuotteet on esitetty liitteessä I.

Ennen mittausten suoritusta näytteet vakioitiin standardiolosuhteissa, jotka on esitetty kappaleessa 7. Tämän jälkeen näytteistä mitattiin high speed release nopeudella 10 m/min sekä myös low speed release nopeudella 300 mm/min. Jokaista tuotetta kohden tehtiin 20 mittausta, joista sitten laskettiin keskiarvo jota verrattiin tuotteelle asetettuihin spesifikaatioille. Nämä tulokset on esitetty myös liitteessä I.

Osalle tuotteista piirrettiin Win Chart – ohjelmalla kuvaajat, joiden avulla selvitettiin  $c_{pk}$  – luku kyseiselle tuotteelle. Tämä luku kuvaa prosessin tai koneen pysyvyyttä, jossa huomioidaan keskihajonnan siirtymä. Mitä suurempi  $c_{pk}$  – luku on sen parempi laatutaso, kuitenkin niin että  $c_{pk} > 1$ .  $C_{pk}$  määritetään seuraavan kaavan mukaisesti

$$c_{pk} = \min\left(\frac{UT - X}{3s}, \frac{X - LT}{3s}\right) \quad (2)$$

jossa	$c_{pk}$	suorituskykyindeksi
	$UT$	ylätoleranssi
	$LT$	alatoleranssi
	$X$	keskiarvo
	$s$	keskihajonta

## 7.2 Tulokset

Uudet spesifikaatiot jaoteltiin liimojen mukaan ja nämä vielä käytetyn pintamateriaalin ja taustamateriaalin mukaan. Taulukossa II on esitelty uudet high speed release

spesifikaatiot referenssiasiakkaalle toimitettavista tuotteista. Mittaukset on suoritettu 10 m/min nopeudella. Liimoista käytettävät lyhenteet muodostuvat niiden kemiallisen tyyppin mukaan. Akryyliliimoista käytetään lyhennettä RP, hotmelt-liimoista lyhennettä RH, uv hotmelt-liimoista lyhennettä RC sekä irrotettavista liimoista lyhennettä RR. SR on arkeille tarkoitettu irrotettava akryyliliima. Taulukossa on myös esitetty vertailuna vanhat HSR spesifikaatiot niille tuotteille joille ne ennestään oli määritelty. Tässä taulukossa paperit käsittää kaikki päällystämättömät sekä päällystetyt pintapaperit, poikkeuksena thermal-paperit. Liitteeseen I on koottu kaikki tuotteista mitatut tulokset.

Taulukko II Päivitettyt sekä vanhat high speed release spesifikaatiot erälle asiakkaalle toimitettavista laaduista, kun irrotusnopeus on 10 m/min.

Liima	Pinta	Tausta	Uusi HSR, g/25mm	Vanha HSR, g/25mm
RC18	Filmit	HD70, HD75	5 - 15	5-12
RR21	Paperit	Glassine	8 - 25	15-25/12-26
RR21	Thermaalit pintapaperit	Glassine	10 - 20	15-40
SR21	Paperit	Krafti tausta	10 - 30	
RR28	Filmit	HD70, HD75	10 - 30	10-25
RP31	Paperit	Glassine	5 - 18	8-18/6-12
RP31	Thermaalit pintapaperit	Glassine	5 - 12	5-12
RP34	Paperit	Kraft tausta	10 - 30	10-30
RP36FG	Foodgloss	Glassine	8 - 18	10-20
RP37	Filmit	HD70, HD75	5 - 15	5-12
RP37	Filmit	PET tausta	5 - 12	5-12/6-14
RP40	Paperit	Glassine	5 - 20	
RP48	Paperit	Glassine	5 - 20	
RP48	Thermaali pintapaperit	Glassine	5 - 15	
RP51	Paperit	Glassine	5 - 20	6-15/8-18
RP51	Thermaalit pintapaperit	Glassine	5 - 15	5-11
RP77	Filmit	HD70, HD75	5 - 15	5-20
RH01	Paperit	Glassine	5 - 20	
RH01	Thermaalit pintapaperit	Glassine	5 - 15	5-12
RH01	Filmit	HD70, HD75	5 - 15	5-12
RH07	Paperit	Glassine	5 - 15	5-15



### **7.3 Johtopäätökset**

Tarkoituksena oli määrittää eräälle asiakkaalle toimitettaville tuotteille HSR spesifikaatiot irrotusnopeuden ollessa 10 m/min. Osalla tuotteista kyseinen spesifikaatio oli ennestään määritetty ja saatuja tuloksia vertailtiin näihin jo olemassa oleviin spesifikaatioihin ja tarvittaessa päivitettiin uusiksi. Osalle tuotteista HSR spesifikaatio irrotusnopeudella 10 m/min oli vielä määrittämättä ja näille asetettiin uudet spesifikaatiot mitattujen tulosten perusteella.

Jo olemassa olevat HSR spesifikaatiot eivät testien perusteella muuttuneet kovinkaan paljoa, osa spesifikaatiosta pysyi samana. Kun aikaisemmin spesifikaatiot oli määritelty jokaiselle tuotteelle erikseen, nyt spesifikaatiot jaettiin liiman, pinnan ja taustan mukaan isompiin ryhmiin. Näin tarkat tuotekohtaiset spesifikaatiot jäivät pois.

## **8 IRROTUSNOPEUDEN VAIKUTUS HSR - ARVOON**

Tässä osiossa selvitettiin irrotusnopeuden vaikutusta high speed releasearvoon. High speed release mittaukset suoritettiin neljällä eri irrotusnopeudella.

### **8.1 Näytteet**

Näytteet koottiin kolmelta eri UPM Raflatacin tuotantolaitokselta, Tampereelta, Scarborough:sta sekä Nancy:stä.

Ennen mittauksia näytteet vakioitiin standardiolosuhteissa, jotka on esitetty kappaleessa 7. High speed release mittaukset suoritettiin käyttäen neljää eri irrotusnopeutta 10, 50, 100 ja 150 m/min. Jokaiselle laadulle suoritettiin useita rinnakkaismittauksia, joista määritettiin keskiarvot sekä virherajat.

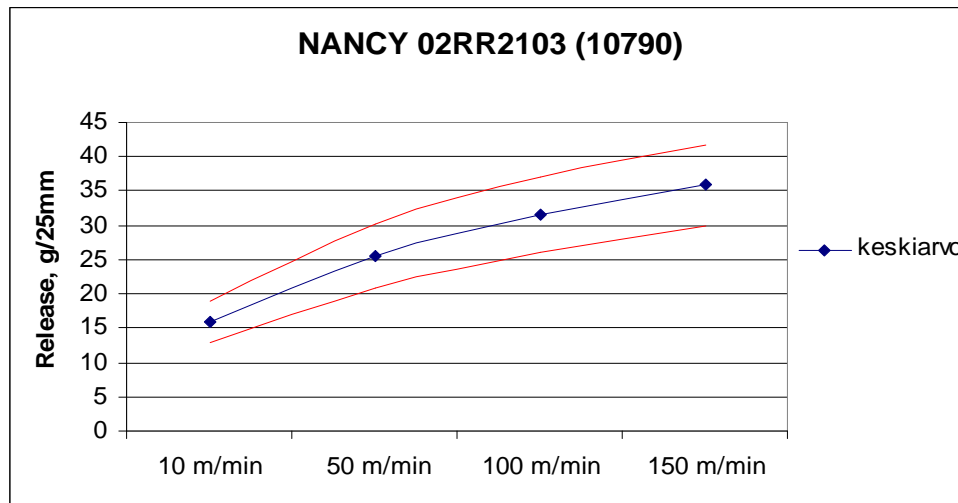
## 8.2 Tulokset

Tulokset on koottu tuotantolaitoksittain ja nämä vielä jaettu liiman perusteella dispersio- ja hotmelt tuotteisiin. Tulokset on taulukoituna liitteessä II.

### 8.2.1 Nancyn dispersio

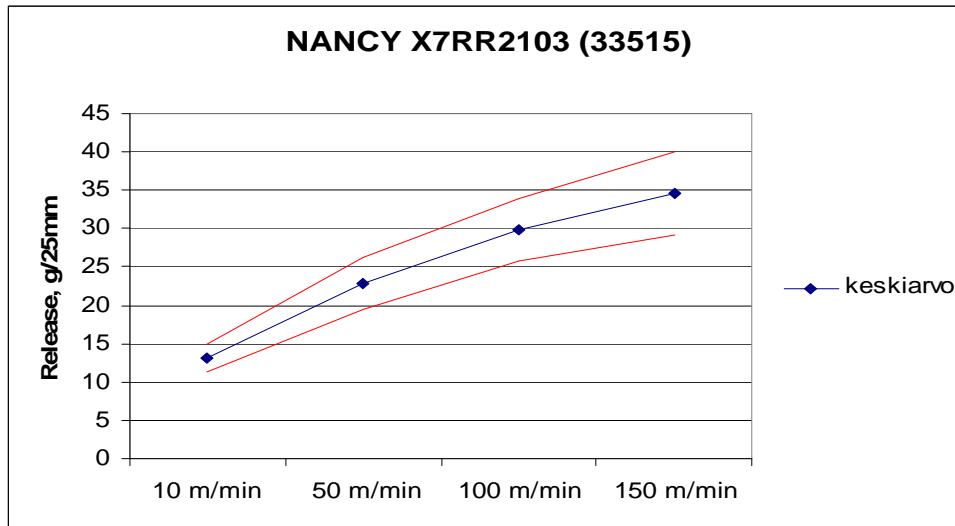
Nancyn tuotantolaitokselta testeihin oli valittu neljä eri tuotetta, joissa liimana oli dispersioliima. Nämä kaikki olivat paperipintaisia tuotteita. Taustapaperina kaikissa oli 53 mikroninen silikonoitu glassine-paperi.

Kuvassa 23 on esitetty high speed releasearvojen keskiarvot neljällä eri irrotusnopeudella. Kuvaajaan on myös piirretty keskihajonnan ylä- ja alaraja-arvot. Tuotteena oli Vellum TTR -pinta irrotettavalla RR21-liimalla ja glassine taustalla. Vellum TTR on päällystämätön 62 mikroninen pintaliimattu paperi. Suluissa oleva numero kertoo tuotteen EAN-koodin.



Kuva 23. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla. Pintana Vellum TTR irrotettavalla RR21 liimalla sekä glassine taustalla. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

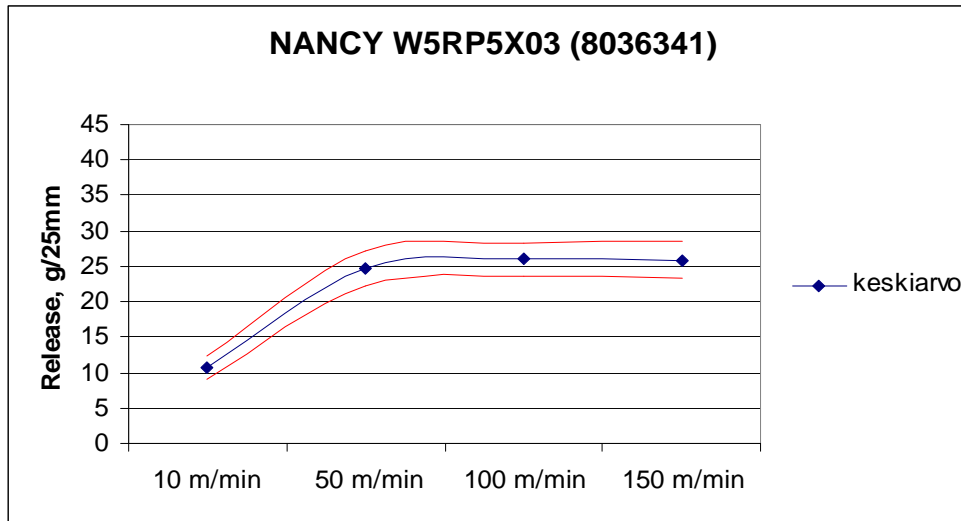
Toinen irrotettavalla liimalla oleva laminaatti oli tuote, jossa pintamateriaalina oli Thermal Eco J/A. Tämä on lämpöön reagoiva päällystämätön paperi. Kuvassa 24 on esitetty high speed releasen keskiarvot eri irrotusnopeuksilla.



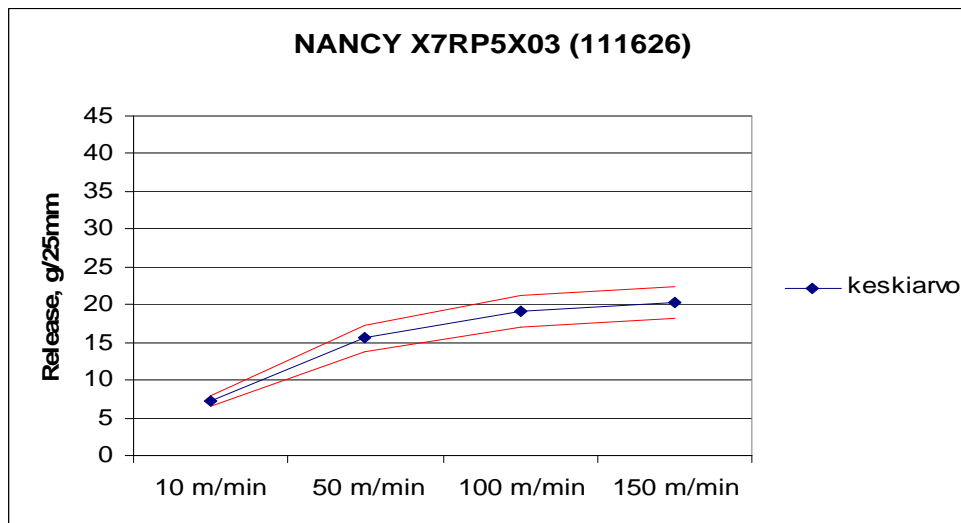
Kuva 24. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla. Pintana Thermal Eco J/A irrotettavalla RR21 liimalla sekä glassine taustalla. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

Kuten kuvista 23 ja 24 nähdään kasvavat release arvot tasaisesti irrotusnopeuden kasvaessa. Kuvista nähdään myös, että hajonta suurenee nopeuden kasvaessa. Releasearvot näillä kahdella tuotteella ovat hyvin lähellä toisiaan eri irrotusnopeuksilla.

Kuvassa 25 on esitetty high speed releasen keskiarvot eri irrotusnopeuksilla kun pintana oli Raflabrite. Kyseinen pinta on 72 mikroninen päällystetty paperi. Liimana tuotteessa on pysyvä dispersio liima, RP5X. Kuvassa 26 nämä arvot ovat esitetty vastaavanlaiselle tuotteelle, pintana oli Thermal Eco J/A, joka on 79 mikroninen lämpöherkkä paperi.



Kuva 25. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla. Pintana Raflabrite ja liimana permanentti RP5X-liima sekä taustana glassine. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.



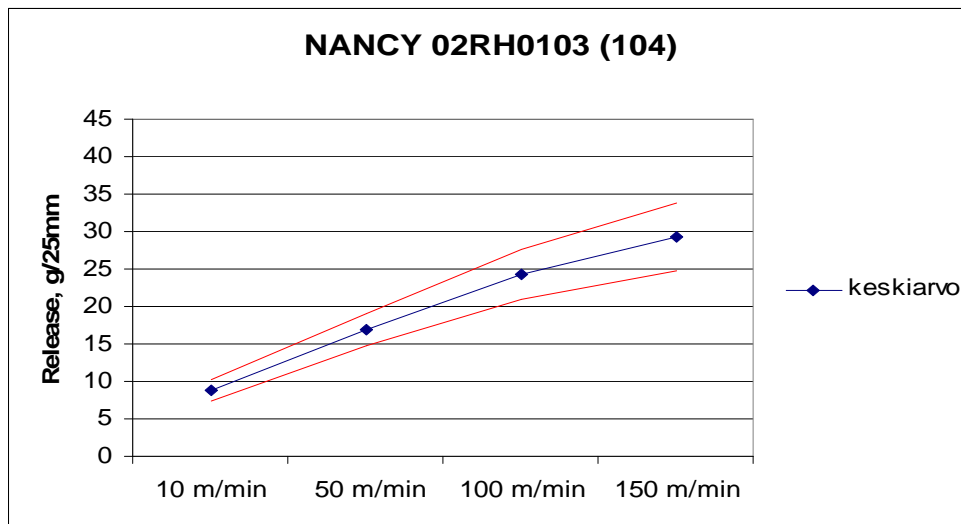
Kuva 26. Tuotteen Thermal Eco J/A / RP5X / HG65 high speed release arvot eri irrotusnopeuksilla. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

Kuten kuvista 25 ja 26 nähdään kasvaa high speed release arvo irrotusnopeuden kasvaessa 10 m/min:sta 50 m/min:ssa. Tämän jälkeen irrotusnopeuden nosto ei merkittävästi vaikuta high speed releasen arvoon. Raflabrite pinnalla tämä on selkeämmin huomattavissa. Tulosten hajonnassa ei ole suurta eroa eri nopeuksien välillä.

### 8.2.2 Nancyn hotmelt

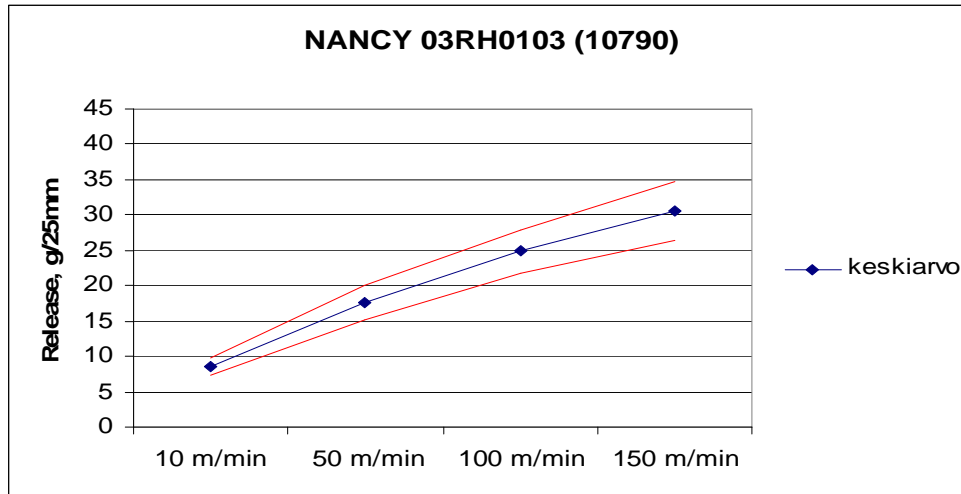
Nancyn hotmelt tuotteista testeihin valittiin kaksi tuotetta. Nämä molemmat ovat RH01-liimalla sekä glassine taustalla. RH01-liima on permanentti kumipohjainen hotmelt-liima.

Kuvassa 27 on esitetty high speed release keskiarvot kun pintana oli Vellum TTR, liimana RH01 sekä taustana glassine.



Kuva 27. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla. Pintana Vellum TTR ja liimana permanentti RH01-liima sekä taustana glassine. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

Testeihin otettiin myös toinen RH01-liimalla oleva tuote. Tässä tuotteessa pintana oli Castgloss (03), joka on 80 mikroninen päällystetty kiiltävä paperi. Kuvassa 28 on esitetty kyseisen tuotteen high speed release keskiarvot eri irrotusnopeuksilla.



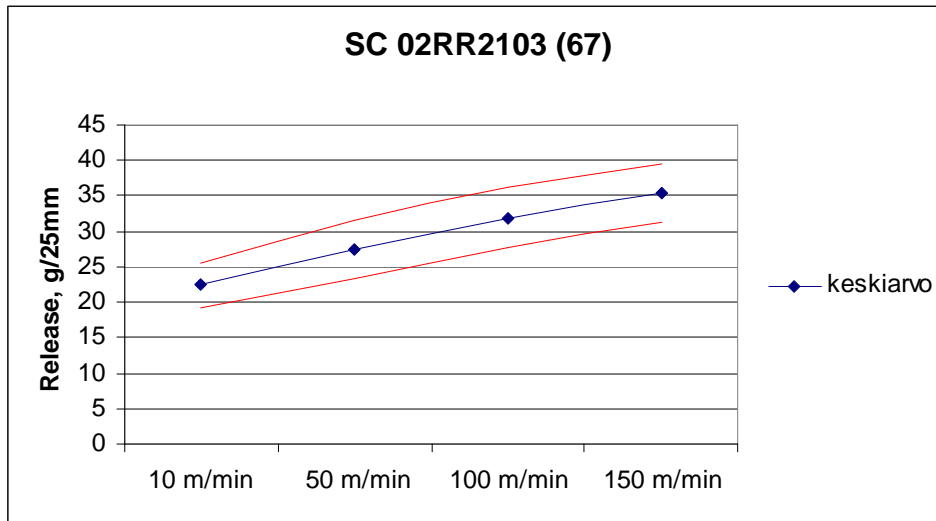
Kuva 28. High speed release keskiarvot eri irrotusnopeuksilla. Pintana Castgloss ja liimana permanentti RH01-liima sekä taustana glassine. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

Kuten kuvista 27 ja 28 nähdään kasvavat high speed releasen arvot tasaisesti irrotusnopeuden noustessa. Arvot ovat hyvin lähellä toisiaan pintamateriaalista riippumatta. Verrattaessa tuloksia RR21-liiman tuotteisiin voidaan havaita, että tulokset ovat hyvin samankaltaiset. RR21 on myös kumipohjainen liima vaikkakin dispersioliima. Keskihajonta kasvaa irrotusnopeuden kasvaessa sekä Vellum TTR että Castgloss pinnalla.

### 8.2.3 Scarborough dispersio

Scarboroughin tuotantolaitokselta testeihin valittiin viisi eri tuotetta. Näissä kaikissa valituissa tuotteissa liimana oli vesipohjainen liima ja pintana paperi.

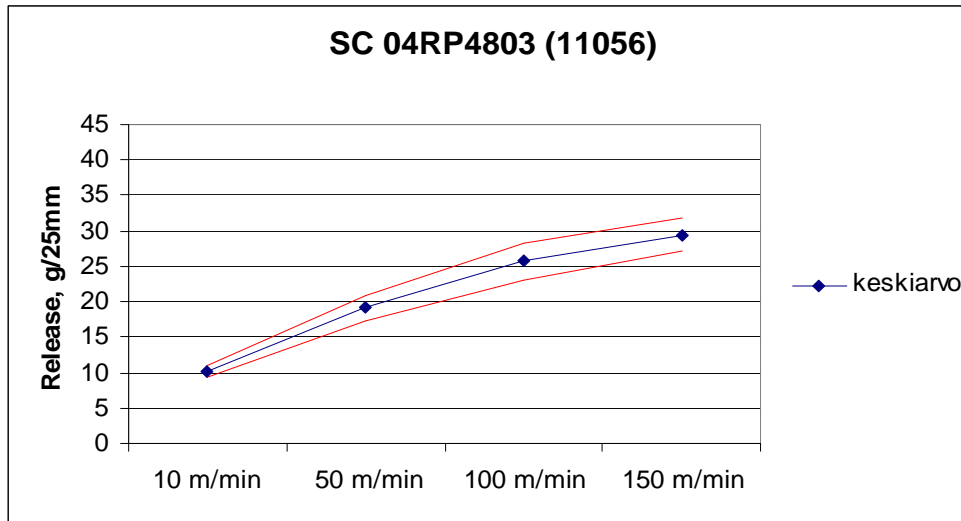
Kuvassa 29 on esitetty irrotusnopeuden vaikutus high speed release arvoihin kun tuotteena oli Vellum TTR RR21-liimalla sekä glassine taustalla.



Kuva 29. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla. Pintana Vellum TTR irrotettavalla RR21 liimalla sekä glassine taustalla. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

Kuvasta 29 nähdään, että irrotettavalla liimalla, RR21, high speed release arvot kasvavat tasaisesti irrotusnopeutta nostettaessa. HSR-arvo kasvaa noin 13 yksikköä irrotusnopeutta nostettaessa 10 m/min:sta 150 m/min:iin. Mittapisteiden vaihteluvälin suuruus ei huomattavasti muutu irrotusnopeuden kasvaessa.

Kuvassa 30 on esitetty tuotteelle Raflacoat / RP48 / Honey Glassine high speed releasearvot kun irrotusnopeus kasvaa 10 m/min:sta aina 150 m/min:iin asti. Raflacoat-pinta on 70 mikroninen päällystetty paperi. RP48-liima on vesipohjainen akryyliliima, joka on erityisesti kehitetty käytettäväksi pakkasliimana.

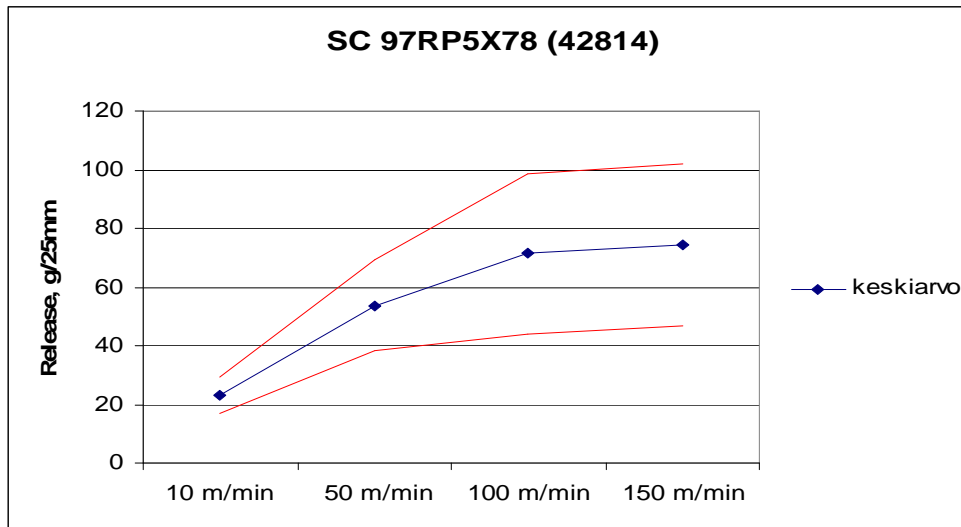


Kuva 30. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla. Pintana on Raflacoat, liimana pakkasliima RP48 ja taustana glassine. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

Kuten kuvasta 30 nähdään, nousee HSR-arvo tasaisesti irrotusnopeuden kasvaessa. Nostettaessa irrotusnopeus 10 m/min:sta 50 m/min kasvaa HSR-arvo noin 10 yksikköä. Irrotusnopeuden vaikutus HSR-arvoon on suurin alhaisilla vetonopeuksilla. Nostettaessa irrotusnopeus 10 m/min:sta 50 m/min HSR-arvo kasvaa noin 10 yksikköä kun suurimmilla irrotusnopeuksilla HSR-arvon kasvu on enää noin 5 yksikköä. Kuten kuvasta 30 havaitaan, on mittapisteiden vaihteluväli pienin irrotusnopeuden ollessa 10 m/min, vaihteluväli kasvaa hieman irrotusnopeuden noustessa.

Kuvassa 31 on esitetty irrotusnopeuden vaikutus HSR-arvoon kun tuotteena oli Data / RP5X / Kraft Special. Data on päällystämätön pintaliimattu paperi, jonka paksuus on 85  $\mu$ . Kraft Special on 71 mikroninen valkoinen kraft-taustapaperi.

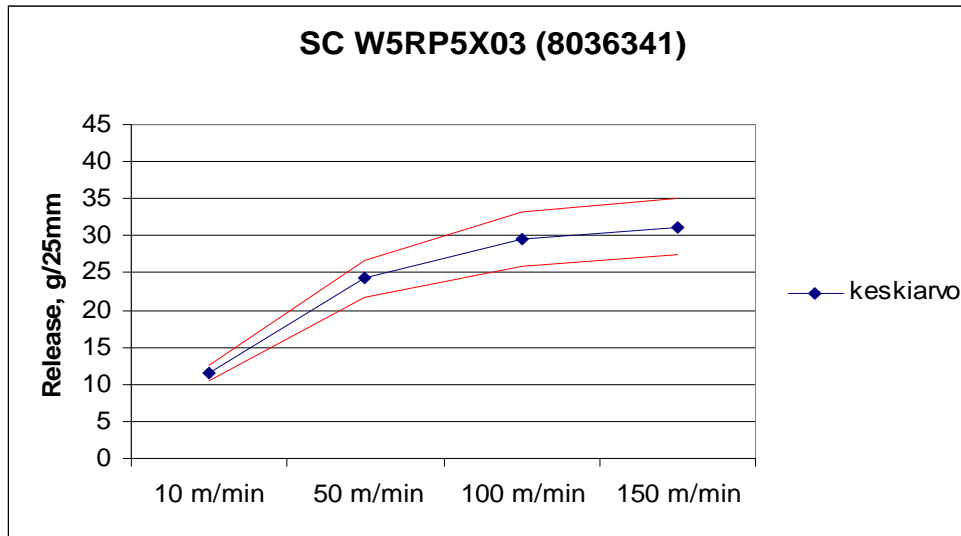




Kuva 31. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla kun tuotteena oli Data RP5X-liimalla ja kraft-taustapaperilla. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

Kuten kuvasta 31 nähdään, kasvavat high speed release arvot huomattavan korkeiksi nostettaessa irrotusnopeutta kun tuotteena on Data / RP5X / Kraft Special. Kuvassa 31 releasen arvoasteikko on 0-120 g/25mm kun se muilla on 0-45 g/25mm. Nostettaessa irrotusnopeus 10 m/min -> 100 m/min kasvaa high speed release arvo 23 g/25mm aina 71 g/25mm asti. Tämän jälkeen irrotusnopeuden nosto ei enää huomattavasti vaikuta high speed release arvoon. Kuten kuvasta havaitaan, on mittapisteiden vaihteluväli pienin nopeuden ollessa 10 m/min. Suuremmilla irrotusnopeuksilla vaihteluväli on jopa 70 yksikköä, kun se muilla tuotteilla on jäänyt jopa alle 10 yksikköön.

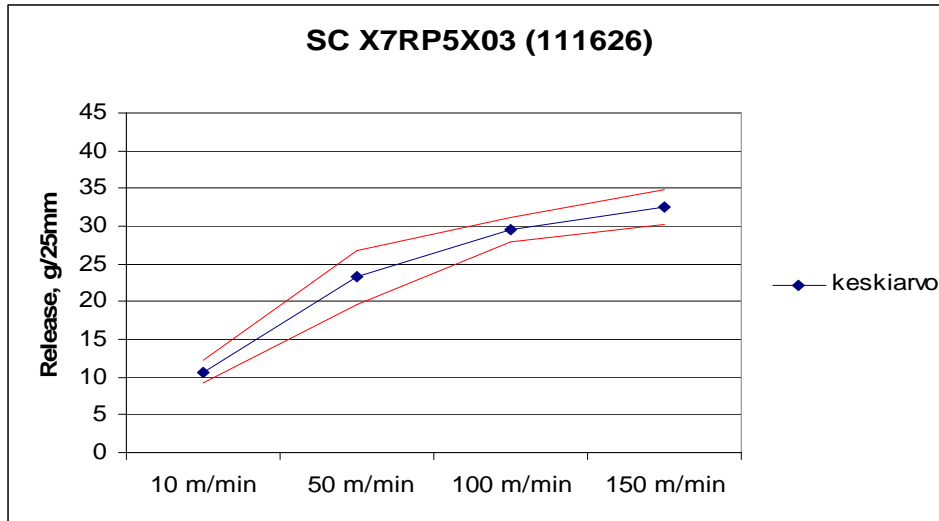
Kuvassa 32 on esitetty tuotteen Raflabrite / RP5X / Honey Glassine high speed release arvot eri irrotusnopeuksilla.



Kuva 32. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla kun tuotteena oli Raflabrite RP5X-liimalla ja glassine taustalla. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

Kuten kuvasta 32 havaitaan kasvaa high speed release arvot huomattavammin nostettaessa irrotusnopeus 10 m/min -> 50 m/min. Tämän jälkeen release arvo nousee vielä hieman nopeuden kasvaessa, mutta 100 m/min jälkeen irrotusnopeuden nosto ei enää vaikuta release arvoon. Mittapisteiden vaihteluväli on pienin alhaisilla nopeuksilla.

Kuvassa 33 on esitetty irrotusnopeuden vaikutus high speed release arvoon kun tuotteena oli Thermal Eco J/A / RP5X / Honey Glassine.



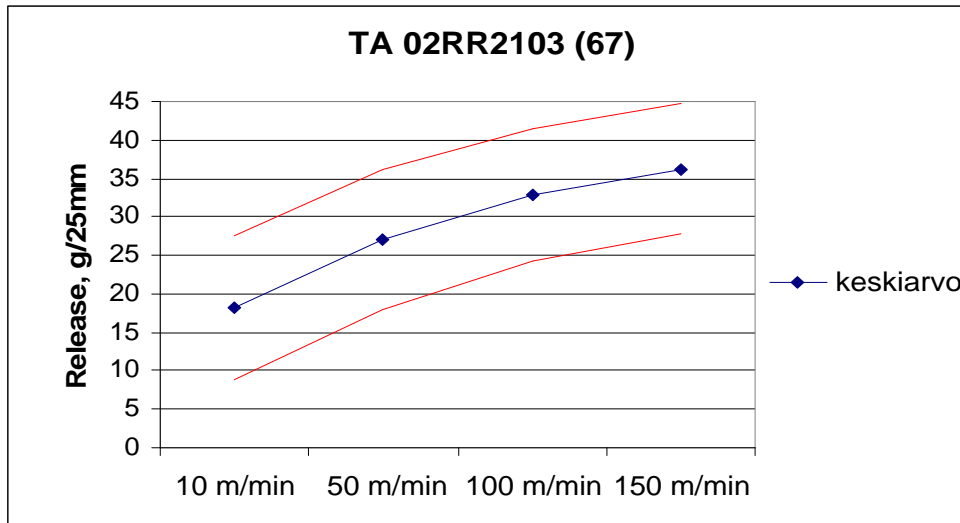
Kuva 33. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla kun tuotteena oli Thermal Eco J/A RP5X-liimalla ja glassine taustalla. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

Kuten kuvasta 33 nähdään, on high speed release arvon nousu voimakkain alhaisilla irrotusnopeuksilla, kuten aikaisemmin on todettu myös muilla tuotteilla. Merkittävin nousu on kun nopeus nostetaan 10 m/min:sta 50 m/min. Kun irrotusnopeus kasvaa yli 100 m/min ei high speed release arvo enää merkittävästi muutu. Mittapisteiden vaihteluväli on yli 10 yksikköä ainoastaan irrotusnopeuden ollessa 50 m/min, muuten ne jäävät alle 10 yksikön.

#### 8.2.4 Tampere dispersio

Tampereen tuotantolaitokselta testeihin oli valittu viisi tuotetta, jossa liimana oli dispersioliima. Osa tuotteista oli paperipinnalla ja osa filmipintaisia tuotteita.

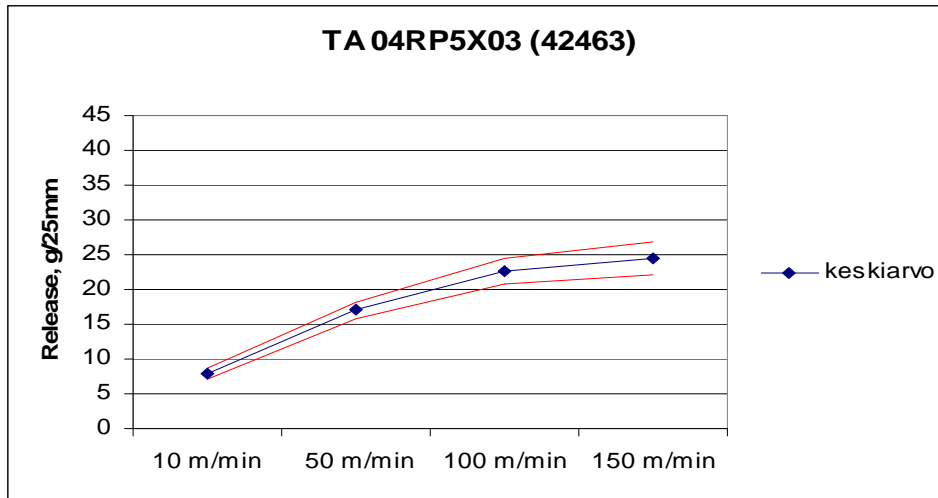
Kuvassa 34 on esitetty irrotusnopeuden vaikutus high speed release arvoon kun tuotteena oli Vellum TTR / RR21 / Honey Glassine. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluvälit.



Kuva 34. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla kun tuotteena oli Vellum TTR RR21-liimalla ja glassine taustalla. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

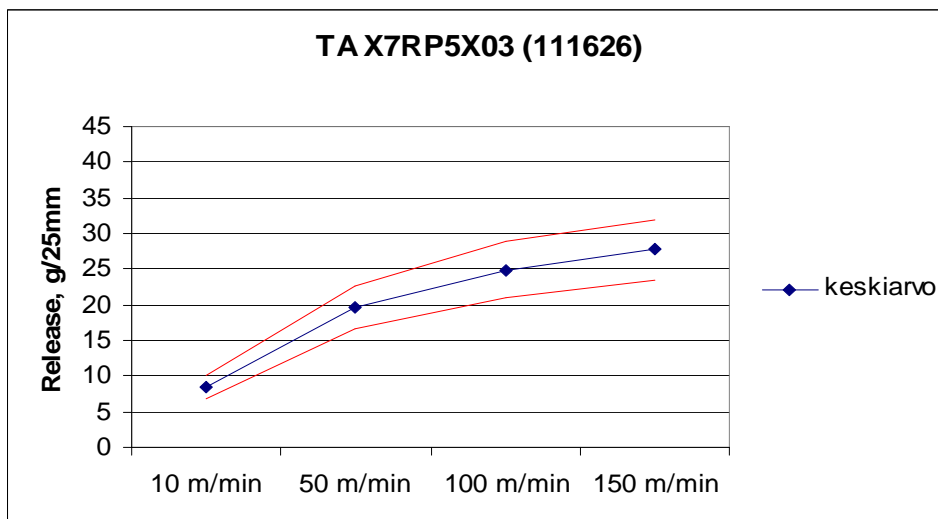
Kuten kuvasta 34 nähdään, kasvaa high speed release arvo tasaisesti irrotusnopeutta nostettaessa 10 m/min:sta aina 150 m/min asti. Alhaisimmalla irrotusnopeudella high speed releasen keskiarvo on 18 g/25m. Vastaavasti irrotusnopeuden ollessa 150 m/min on releasen keskiarvo 36 m/min. Mittapisteiden vaihteluvälit ovat kyseisellä tuotteella yli 30 yksikköä. Yleisesti ottaen irrotettavalla RR21-liimalla mittapisteiden hajonta on suurempi kuin muilla liimoilla.

Kuvassa 35 on esitetty high speed release arvot irrotusnopeuden kasvaessa 10 m/min:sta 150 m/min, kun tuotteena on Raflacoat / RP5X / Honey Glassine.



Kuva 35. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla kun tuotteena oli Raflacoat RP5X-liimalla ja glassine taustalla. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

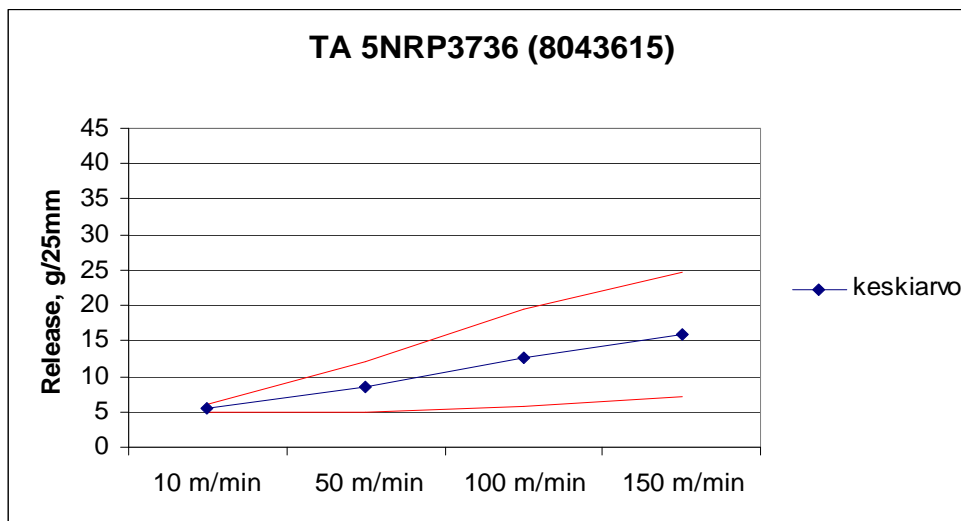
Kuten kuvasta 35 havaitaan, kasvavat high speed release arvot 8 g/25mm aina 24 g/25mm asti irrotusnopeuden noustessa 10 m/min -> 150 m/min. Irrotusnopeuden ollessa suurempi kuin 100 m/min ei sillä enää ole merkittävää vaikutusta high speed release arvoon. Mittapisteiden vaihteluväli kasvaa hieman irrotusnopeuden kasvaessa. Kuvassa 36 on esitetty vastaava kuvaaja tuotteelle Thermal Eco J/A / RP5X / Honey Glassine.



Kuva 36. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla kun tuotteena oli Thermal Eco J/A RP5X-liimalla ja glassine taustalla. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

Kuten kuvasta 36 nähdään, kasvavat high speed release arvot kun irrotusnopeutta nostetaan. Merkittävin nousu release arvoissa on kun irrotusnopeus nostetaan 10 m/min - > 50 m/min. Tämän jälkeen irrotusnopeuden nosto vaikuttaa enää vähän release arvoihin. Mittapisteiden vaihteluväli on pienin alhaisella irrotusnopeudella ja suurin irrotusnopeuden ollessa yli 100 m/min.

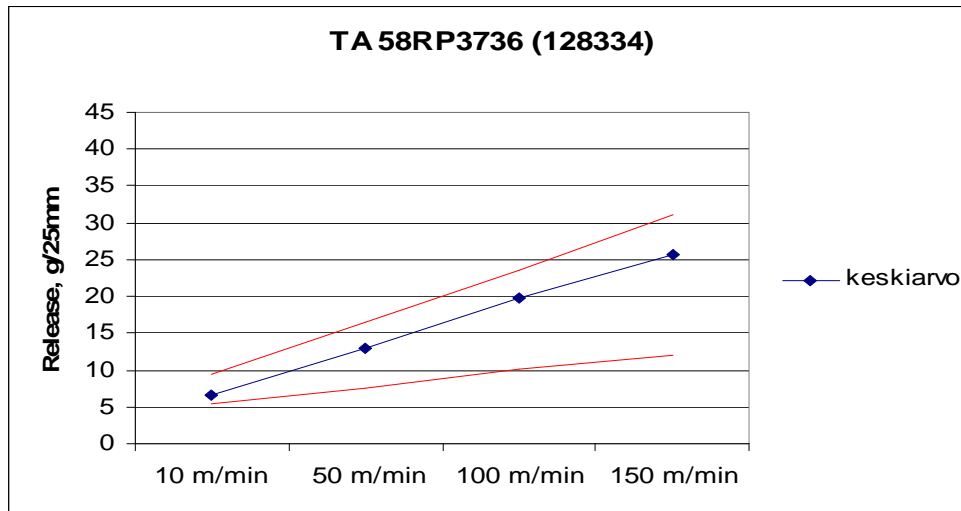
Kuvassa 37 on esitetty irrotusnopeuden vaikutus high speed release arvoon kun tuotteena oli PP Gloss White TC-4 / RP37 / High Density 75 White. Kyseinen pinta on valkoinen polypropeeni filmi, paksuudeltaan 60  $\mu$ . RP37-liima on permanentti dispersioliima filmi pinnoille. High Density 75 White on valkoinen glassine-taustapaperi.



Kuva 37. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla kun tuotteena oli PP Gloss White TC-4 RP37-liimalla ja valkoisella glassine taustalla. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

Kuten kuvasta 37 havaitaan, ei high speed release arvot kasva kyseisellä tuotteella läheskään niin merkittävästi kuin muilla tuotteilla on kasvanut. Irrotusnopeuden ollessa 10 m/min on high speed release arvot 6 g/25mm luokkaa. Irrotusnopeutta nostettaessa 150 m/min ovat release arvot noin 16 g/25mm. Mittapisteiden vaihteluväli on pieni 10 m/min irrotusnopeudella, mutta nopeuden noustessa kasvaa vaihteluväli huomattavasti, irrotusnopeuden ollessa 150 m/min on mittapisteiden vaihteluväli noin 30 yksikön luokkaa. Kuvassa 38 on esitetty vastaava kuvaaja tuotteelle PE Gloss White TC / RP37 /

High Density 75 White. Kyseinen pintamateriaali on valkoinen 97 mikroninen polyeteeni filmi.

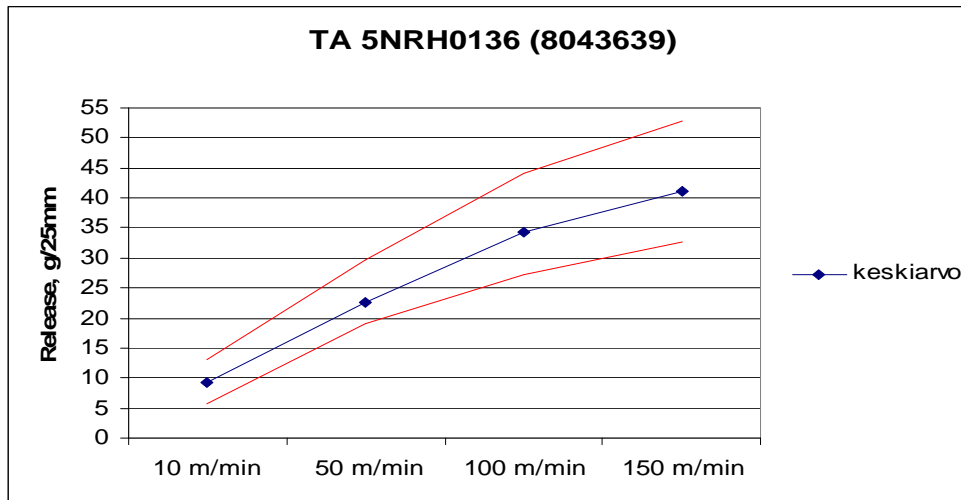


Kuva 38. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla kun tuotteena oli PE Gloss White TC RP37-liimalla ja valkoisella glassine taustalla. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

Kuten kuvasta 38 nähdään, kasvavat high speed release arvot tasaisesti irrotusnopeuden noustessa. Alhaisella irrotusnopeudella (10m/min) release arvot olivat 7 g/25mm luokkaa ja mittapisteiden vaihteluväli oli noin 5 yksikköä. Vastaavasti irrotusnopeuden ollessa 150 m/min oli releasen keskiarvo 26 g/25mm ja mittapisteiden vaihteluväli 19 yksikköä.

### 8.2.5 Tampere hotmelt

Tampereen tuotantolaitoksen hotmelt tuotteista testeihin oli valittu yksi. Kyseinen tuote oli PP Gloss White TC-4 RH01-liimalla sekä High Density 75 White taustalla. Kuvassa 39 on esitetty irrotusnopeuden vaikutus tuotteen high speed release arvoon.



Kuva 39. Keskiarvot high speed releaselle eri irrotusnopeuksilla kun tuotteena oli PP Gloss White TC-4 RH01-liimalla ja valkoisella glassine taustalla. Kuvassa on myös esitetty mittapisteiden vaihteluväli.

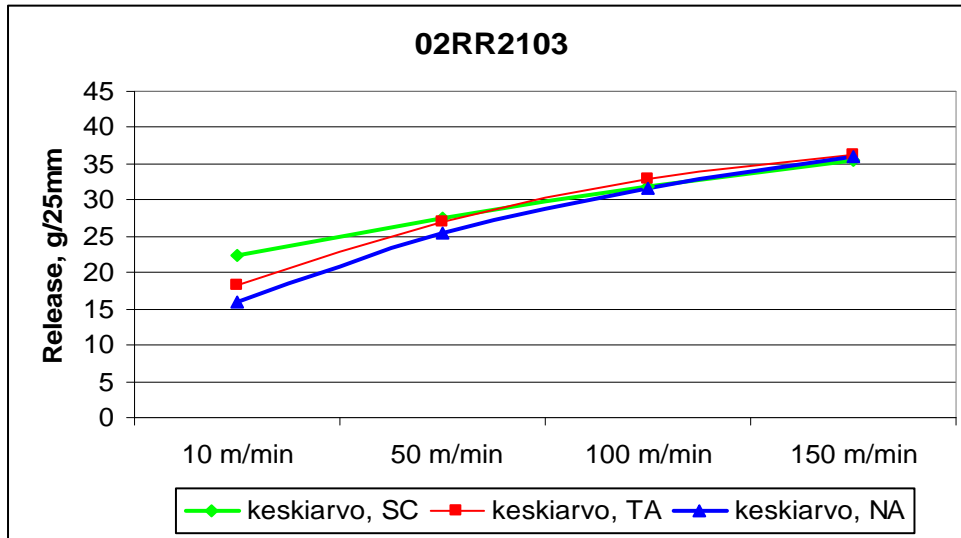
Kuten kuvasta 39 havaitaan, kasvavat high speed release arvot tasaisesti irrotusnopeutta nostettaessa 10 m/min aina 150 m/min asti. Alhaisella irrotusnopeudella releasen keskiarvo on noin 9 g/25mm kun vastaavasti irrotusnopeuden ollessa 150 m/min on releasen keskiarvo noin 41 g/25mm. Mittapisteiden vaihteluväli on huomattavasti suurempi suurilla irrotusnopeuksilla.

### 8.2.6 Tulosten vertailu

UPM Raflatacilla samaa tuotetta saatetaan valmistaa useammalla kuin yhdellä tehtaalla. Tähän kappaleeseen on koottu tässä työssä testatut, samaa tuotetta olevat näytteet, jotka on valmistettu eri tehtailla. Kappaleessa on vertailtu miten irrotusnopeus vaikuttaa tuotteen high speed release arvoon ja miten nämä eroavat eri tuotantolaitosten välillä.

Kuvassa 40 on esitetty HSR –keskiarvot eri irrotusnopeuksilla tuotteelle, jossa pintana on Vellum TTR, liimana irrotettava RR21 ja taustapaperina keltainen glassine. Kuvassa on myös vertailtu näitä arvoja eri tuotantolaitosten välillä. Mittauksissa käytetyt irrotusnopeudet olivat 10, 50, 100 ja 150 m/min.

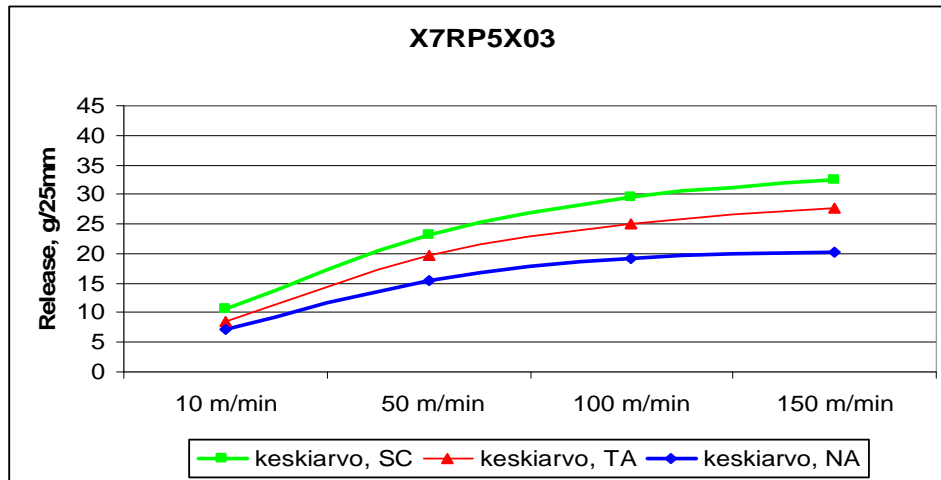




Kuva 40. HSR-keskiarvot eri irrotusnopeuksilla kun tuotteena on Vellum TTR/RR21/Honey Glassine, jota valmistetaan Scarborough:ssa, Tampereella sekä Nancyssä.

Kuten kuvasta 40 nähdään, kasvaa HSR-arvo tasaisesti irrotusnopeuden noustessa. Alhaisella irrotusnopeudella, 10 m/min, ero eri tuotantolaitosten tuotteiden välillä on selkeästi havaittavissa. HSR-arvo on yli 20 g/25mm Scarborough:ssa valmistetulla tuotteella kun se taas Nancyssä valmistetulla tuotteella on 15 g/25mm luokkaa. Irrotusnopeuden kasvaessa erot eri tuotantolaitosten välillä pienenevät ja irrotusnopeudella 150 m/min ovat hyvin samaa luokkaa.

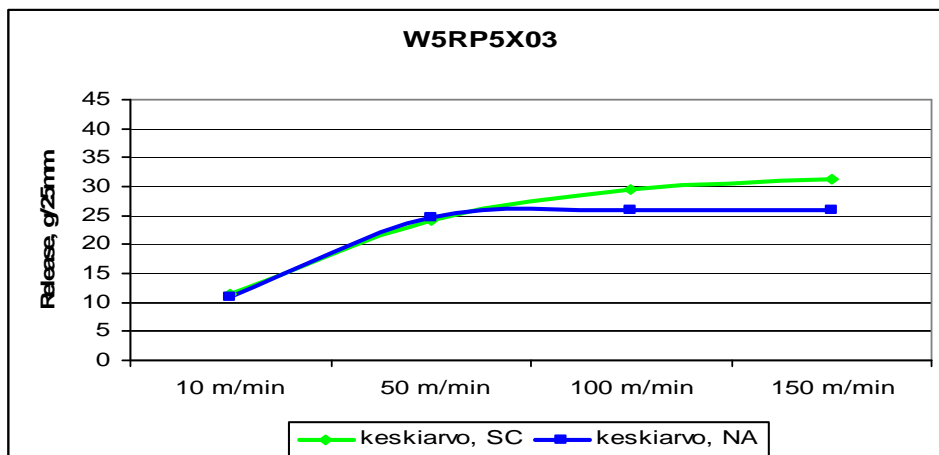
Kuvassa 41 on vertailtu eri tehtailla valmistetun tuotteen Thermal Eco J/A / RP5X / Honey Glassine high speed release arvoja eri irrotusnopeuksilla.



Kuva 41. HSR-keskiarvot eri irrotusnopeuksilla kun tuotteena on Thermal Eco J/A/RP5X/Honey Glassine, jota valmistetaan Scarborough:ssa, Tampereella sekä Nancyssä.

Kuvasta 41 nähdään, että Scarborough:ssa valmistetulla tuotteella high speed release arvot ovat hieman korkeammat kuin muilla tuotteilla. Kaikilla tuotteilla arvot kasvavat tasaisesti irrotusnopeuden noustessa 10 m/min aina 150 m/min asti. Huomattavin kasvu high speed release arvoissa on kun irrotusnopeus nostetaan 10 m/min:sta 50 m/min. Erot HSR-arvoissa eri tuotteiden välillä kasvavat kuin irrotusnopeus nousee.

Kuvassa 42 on esitetty HSR-arvot eri irrotusnopeuksilla Raflabrite / RP5X / Honey Glassine tuotteelle, jota valmistetaan sekä Scarborough:ssa että Nancyssä.



Kuva 42. HSR-keskiarvot eri irrotusnopeuksilla kun tuotteena on Raflabrite / RP5X / Honey Glassine, jota valmistetaan Scarborough:ssa sekä Nancyssä.

Kuvasta 42 nähdään, että HSR-arvot ovat hyvin samaa luokkaa eri tuotantolaitosten tuotteiden välillä. Release arvot kasvavat huomattavasti irrotusnopeutta nostettaessa 10 m/min:sta 50 m/min. Tämän jälkeen irrotusnopeuden nosto ei merkittävästi vaikuta HSR-arvoon.

### 8.3 Johtopäätökset

Työn tässä osiossa oli tarkoitus selvittää miten HSR testeissä käytetty irrotusnopeus vaikuttaa tuotteen release arvoon. Testeissä käytetyt irrotusnopeudet olivat 10, 50, 100 ja 150 m/min. UPM Raflatacissa standardi irrotusnopeus HSR-mittauksissa on 100 m/min. Testeihin valitut tuotteet olivat peräisin kolmelta eri UPM Raflatacin tuotantolaitokselta. Kaiken kaikkiaan tuotteita oli 17. Osa näistä oli kombinaatioltaan samoja, mutta valmistus oli tapahtunut eri tuotantolaitoksella.

Kaikkien testeihin valittujen tuotteiden kohdalla irrotusnopeuden vaikutus release-arvoon oli sama, irrotusnopeuden kasvaessa release-arvo kasvoi. Suurimalla osasta tuotteita suurin kasvu release-arvossa tapahtui kun irrotusnopeus nostettiin 10 m/min:sta 50m/min. Tämän jälkeen irrotusnopeuden nosto vaikutti enää vähän jos lainkaan tuotteen release-arvoon. Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta mittapisteiden hajonta kasvoi kaikilla tuotteilla irrotusnopeutta nostettaessa. Pienin hajonta oli irrotusnopeuden ollessa alhaisin, 10 m/min.

Valituissa tuotteissa oli muutama sama tuote, jotka oli valmistettu eri tuotantolaitoksella. Näiden tuotteiden tuloksia vertailtaessa huomattiin, että irrotusnopeuden vaikutus release arvoon oli lähes poikkeuksetta sama, riippumatta siitä missä tuote oli valmistettu.

## 9 KORRELAATIO HSR 10 m/min JA LSR 300 mm/min VÄLILLÄ

Tässä kappaleessa on esitetty high speed releasen ja low speed releasen korreloivuutta sekä vertailtu näitä eri tuotantolaitosten tuotteiden välillä.

### 9.1 Periaate

Tarkoituksena oli selvittää korreloiko nykyisin käytetty low speed release mittaus high speed release mittauksen kanssa, kun käytetyt irrotusnopeudet olivat LSR 300 mm/min ja HSR 10 m/min. Laadunvalvonnassa seurataan tuotteiden LSR-arvoja irrotusnopeuden ollessa 300 mm/min. Jokaiselle tuotteelle on määritetty LSR-spesifikaatiot.

Korrelaatiokerrointa käytetään kuvaamaan kahden suureen välistä riippuvuutta. Sillä mitataan muuttujien välisen yhteyden voimakkuutta. Korrelaatiokerroin on aina -1:n ja +1:n välillä oleva reaaliluku. Mitä lähempänä itseisarvo on lukua yksi, sitä voimakkaampaa on muuttujien välinen lineaarinen yhteys. Korrelaatiokerroin low speed release ja high speed release -arvojen välille on laskettu käyttämällä Excel-työkalua.

Korrelaatiokertoimen yhtälö on esitetty alla

$$\rho_{X,Y} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_X \cdot \sigma_Y} \quad (3)$$

jossa 
$$Cov(X,Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)$$

$$-1 \leq \rho_{xy} \leq 1$$

$\rho_{X,Y}$  korrelaatiokerroin

$Cov$  kovarianssi

$\sigma$  keskihajonta

$n$  näytteiden määrä

$x_i$  muuttujan X i. havaintoarvo

$y_i$  muuttujan Y i. havaintoarvo

$\mu$  otosten keskiarvo

## 9.2 Näytteet

Näytteet koottiin kolmelta eri UPM Raflatacin tuotantolaitokselta, Tampereelta, Scarborough:sta sekä Nancy:stä. Testeihin valitut tuotteet ovat samat kuin irrotusnopeustestiin valitut tuotteet.

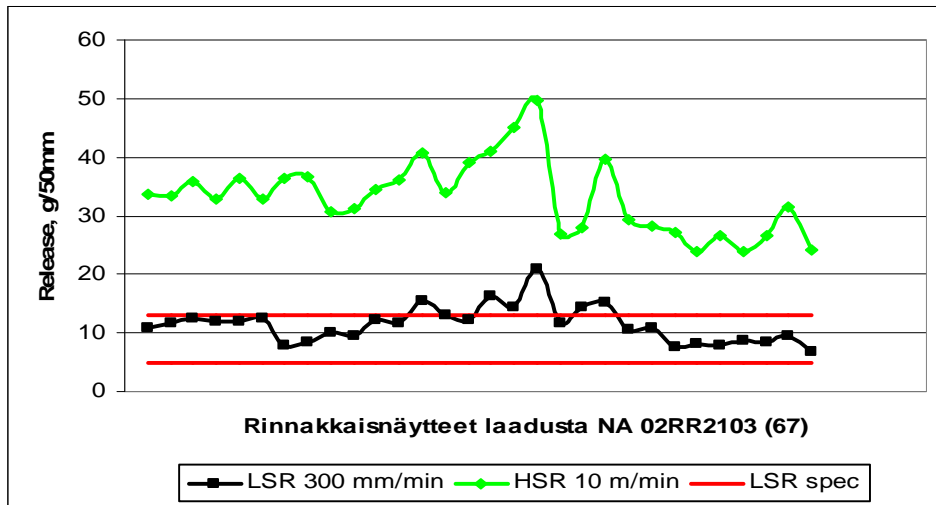
Ennen mittauksia näytteet vakioitiin standardiolosuhteissa, jotka on esitetty kappaleessa 7. Jokaisesta A4-näytteestä mitattiin sekä LSR että HSR. LSR-arvot käyttäen standardinopeutta 300 mm/min ja HSR-arvot käyttäen irrotusnopeutta 10 m/min.

## 9.3 Tulokset

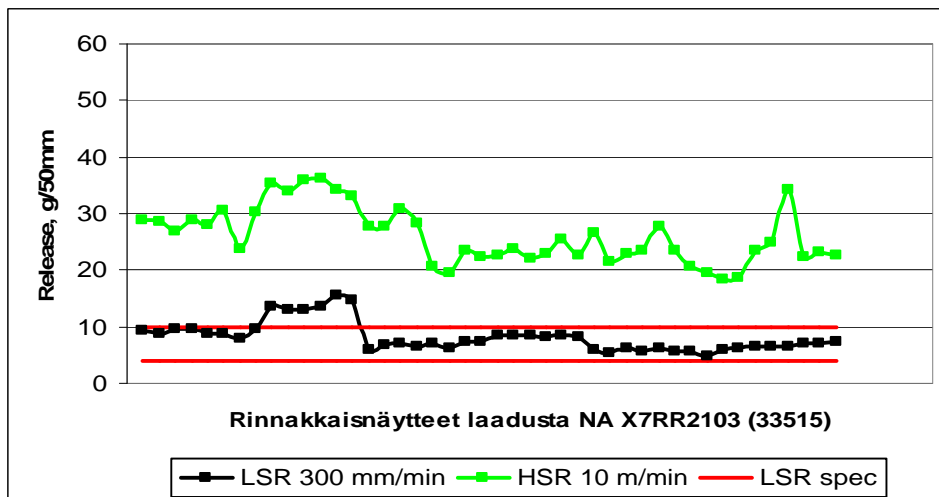
Tulokset on jaettu tuotantolaitosten perusteella sekä nämä vielä tuotteessa olevan liiman perusteella. Tuotteissa käytetyt liimat ovat joko dispersio- tai hotmelt-liimoja.

### 9.3.1 Nancy dispersio

Nancystä valituista tuotteista neljä oli dispersioliimalla. Näistä puolet oli irrotettavalla liimalla ja loput pysyvällä liimalla. Kuvassa 43 on esitetty LSR- ja HSR-arvot Nancyn tuotteelle, jossa pinta on Vellum TTR, liimana irrotettava RR21 sekä taustana Honey Glassine. Tuotteen LSR:lle määritetty spesifikaatio on myös esitetty kuvassa. Kuvassa 44 on esitetty nämä samat arvot vastaavanlaiselle tuotteelle, pintana vaan Thermal Eco J/A.



Kuva 43. Tuotteen LSR-arvot irrotusnopeudella 300 mm/min sekä HSR-arvot irrotusnopeudella 10 m/min.

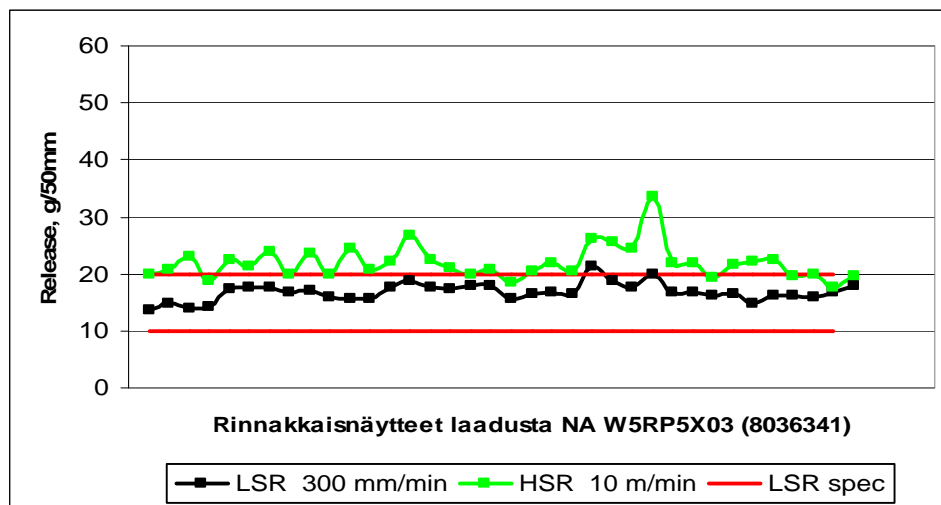


Kuva 44. Tuotteen LSR- sekä HSR-arvot. LSR-irrotusnopeus 300 mm/min ja HSR-irrotusnopeus 10 m/min.

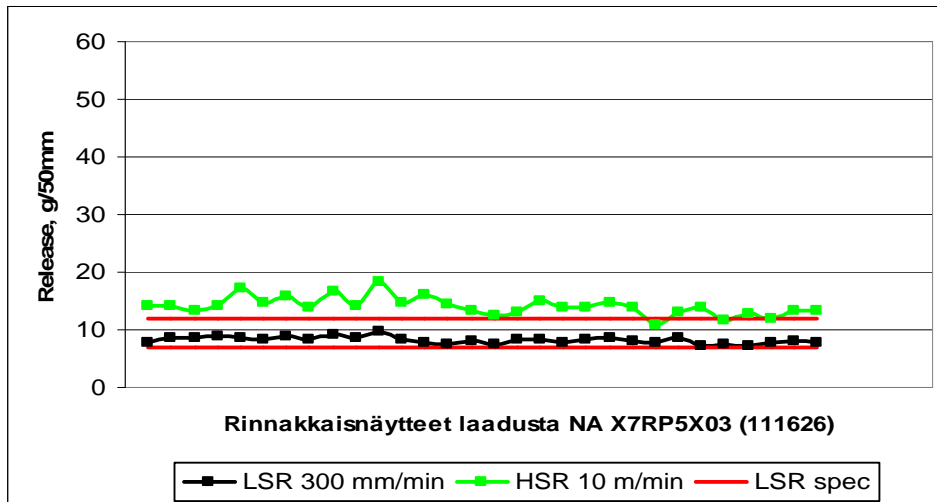
Kuten kuvista 43 ja 44 nähdään seuraavat LSR- ja HSR-arvot paikoitellen toisiaan, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Nämä saattavat johtua materiaali poikkeamasta tai mittausvirheestä. Tuotteen Vellum TTR / RR21 / HG65 low speed release arvot ylittävät muutamassa mittauspisteessä tuotteelle asetetun spesifikaation, myös tuotteella Themal Eco J/A / RR21 / HG65 low speed release on muutamassa pisteessä selkeästi yli spesifikaatioiden. Nämä poikkeamat voivat johtua monestakin eri syistä.

Molemmille tuotteille laskettiin myös korrelaatiokerroin LSR- ja HSR-arvojen välille. Tuotteella Vellum TTR / RR21 / HG65 korrelaatiokerroin näiden kyseisten arvojen välillä on 0,78. Tuotteella Thermal Eco J/A / RR21 / HG65 korrelaatiokerroin on 0,74. Korrelaatiokertoimella mitataan LSR- ja HSR-arvojen välisen yhteyden voimakkuutta. Mitä lähempänä tämä on lukua yksi, sitä voimakkaampi on näiden arvojen välinen lineaarinen yhteys. Koska korrelaatiokertoimen arvo on positiivinen, osoittaa se että nämä arvot muuttuvat samaan suuntaan. Kyseisillä tuotteilla on molemmilla hyvin heikko positiivinen lineaarinen yhteys.

Nancyn näytteistä kaksi tuotetta oli pysyvällä dispersioliimalla. Kuvissa 45 ja 46 on esitetty näistä tuotteista mitatut LSR- sekä HSR-arvojen keskiarvot. Tuotteille asetetut LSR spesifikaatiot on myös esitetty kuvissa. Kuvassa 46 tuotteen pintana on Raflabrite ja kuvassa 46 pintana on Thermal Eco J/A. Molemmissa tuotteissa liimana on pysyvä RP5X ja taustapaperina keltainen glassine.



Kuva 45. Tuotteen LSR- sekä HSR-arvot, kun irrotusnopeudet olivat 300 mm/min(LSR) sekä 10 m/min(HSR).



Kuva 46. LSR- sekä HSR-arvot tuotteelle kun irrotusnopeudet olivat 300 mm/min(LSR) sekä 10 m/min(HSR).

Kuten kuvista 45 ja 46 nähdään, seuraavat LSR- ja HSR-arvot vain satunnaisesti toisiansa. Kuvassa 45 tuotteella Raflabrite / RP5X / HG65 tämä on hieman selkeämmin havaittavissa. Molempien tuotteiden LSR-arvot asettuvat niille asetettuihin spesifikaatioihin hyvin. Molemmilla tuotteilla suurimmat erot arvojen välillä olivat HSR-arvoissa. LSR-arvot pysyivät suhteellisen tasaisesti samansuuruisina.

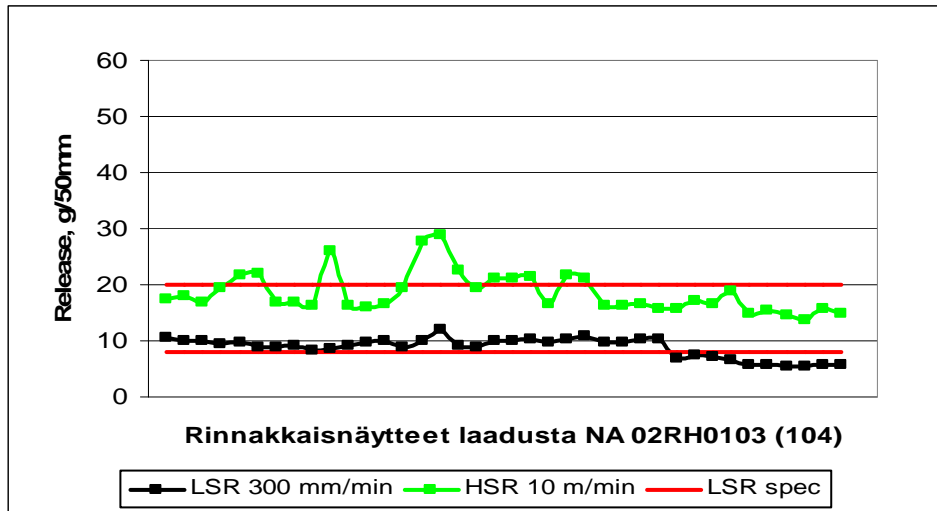
Tuotteille lasketut korrelaatiokertoimet olivat 0,59 (Raflabrite/RP5X/HG65) ja 0,66 (Thermal Eco J/A/RP5X/HG65). Mitä lähempänä korrelaatiokertoimen itseisarvo on lukua yksi, sitä voimakkaampaa on muuttujien välinen lineaarinen yhteys. Näiden positiivisten arvojen perusteella voidaan sanoa, että arvot muuttuvat osittain samaan suuntaan, varsinaisesta lineaarisesta yhteydestä ei näiden arvojen perusteella voida puhua.

### 9.3.2 Nancy hotmelt

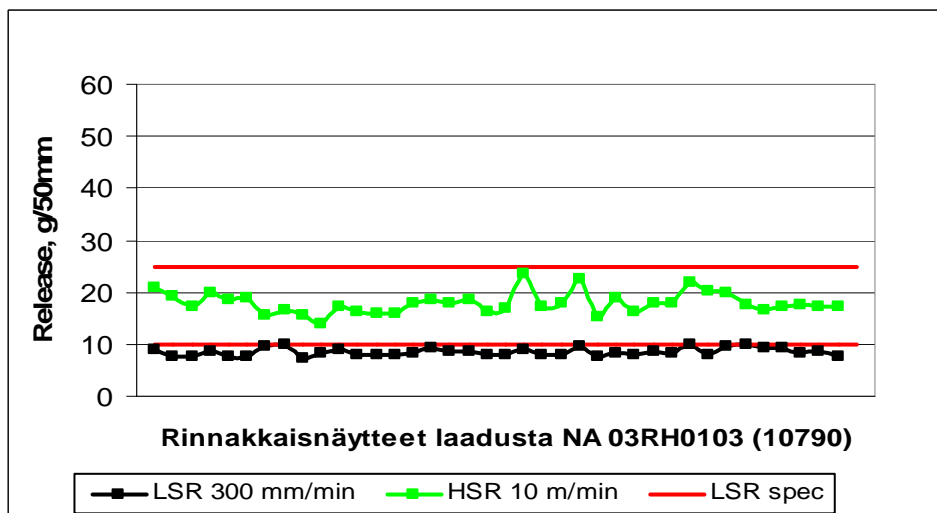
Nancyn hotmelt tuotteista testeihin valittiin kaksi tuotetta, jotka molemmat olivat RH01-liimalla sekä honey glassine taustalla. Pintana olivat Vellum TTR sekä Castgloss.



Kuvassa 47 on esitetty LSR- sekä HSR-arvot Vellum TTR / RH01 / Honey Glassine – tuotteelle. Kuvassa on myös esitetty LSR:lle asetettu spesifikaatio.



Kuva 47. Tuotteen LSR-arvot irrotusnopeudella 300 mm/min sekä HSR-arvot irrotusnopeudella 10 m/min. Korrelaatiokerroin näiden arvojen välillä on 0,55.



Kuva 48. Tuotteen LSR-arvot irrotusnopeudella 300 mm/min sekä HSR-arvot irrotusnopeudella 10 m/min. Korrelaatiokerroin näiden arvojen välillä on 0,33.

Kuten molemmista kuvista 47 ja 48 voidaan havaita, että muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta eivät LSR- ja HSR-arvot seuraa toisiaan kummallakaan tuotteella. Myös näillä molemmilla hotmelt tuotteilla HSR-arvot vaihtelevat enemmän kuin LSR-arvot.

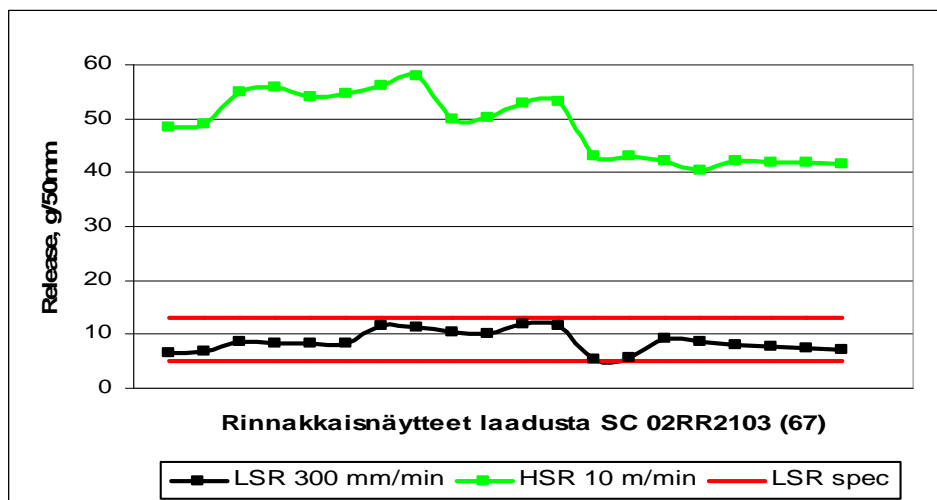
Molemmille tuotteille lasketut korrelaatiokerroimet jäivät alhaisiksi. Tuotteella Vellum TTR / RH01 / HG65 korrelaatiokerroin on 0,55 ja tuotteella Castgloss/RH01/HG65 vain 0,33. Näiden lukujen perusteella ei kyseisten tuotteiden LSR- ja HSR-arvojen välillä ole niin sanotusti lineaarista yhteyttä.

Kuten kuvista 47 ja 48 voidaan havaita, on molemmilla Nancyn hotmelt tuotteilla LSR-arvot spesifikaatioiden alarajoilla tai jopa alapuolella. Tuotteella Castgloss/RH01/HG65 LSR-arvot ovat suurimmaksi osaksi spesifikaatioiden alapuolella.

### 9.3.3 Scarborough dispersio

Scarborough:n tuotteista testeihin valittiin viisi tuotetta. Yksi tuotteista oli irrotettavalla liimalla ja muut pysyvällä dispersioliimalla.

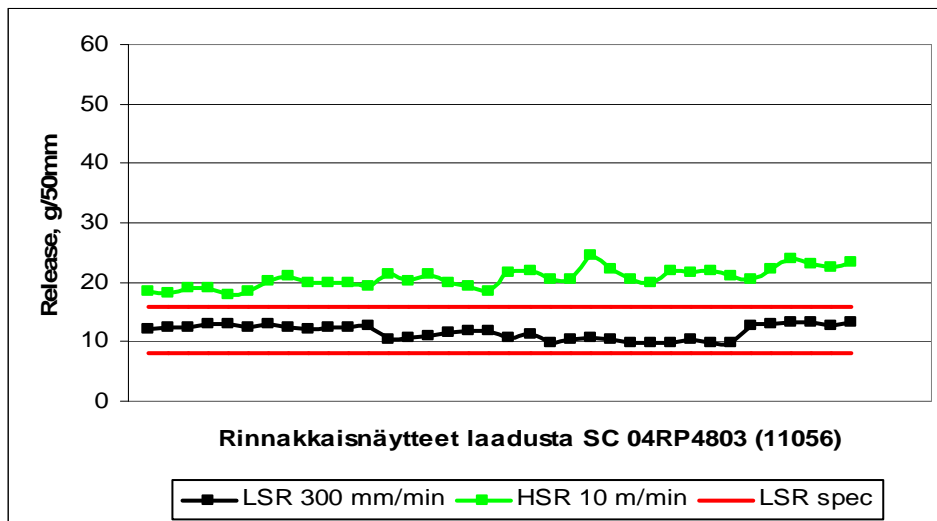
Kuvassa 49 on esitetty LSR- sekä HSR-arvot tuotteelle Vellum TTR / RR21 / Honey Glassine. Kuvasta on myös nähtävissä LSR-arvolle asetettu spesifikaatio.



Kuva 49. Tuotteen LSR-arvot irrotusnopeudella 300 mm/min sekä HSR-arvot irrotusnopeudella 10 m/min.

Kuten kuvasta 49 voidaan havaita, seuraavat LSR- ja HSR-kuvaajat paikoitellen toisiansa. HSR-arvojen vaihteluväli on huomattavasti suurempi kuin LSR-arvojen. LSR- ja HSR-arvojen välille laskettu korrelaatiokerroin on 0,58. Kerroin on positiivinen, mutta poikkeaa arvosta yksi huomattavasti, joten lineaarista yhteyttä näiden arvojen välillä ei voida sanoa olevan. Vastaavalla Nancyssä valmistetulla tuotteella korrelaatiokerroin oli 0,78. Tuotteen LSR-arvot ovat kaikki spesifikaatioiden sisäpuolella.

Kuvassa 50 on nähtävissä tuotteen Raflacoat / RP48 / Honey Glassine LSR- sekä HSR-arvot irrotusnopeuksilla 300 mm/min (LSR) sekä 10 m/min (HSR). Kuvaajaan on myös lisätty tuotteen LSR-arvolle asetettu spesifikaatio.

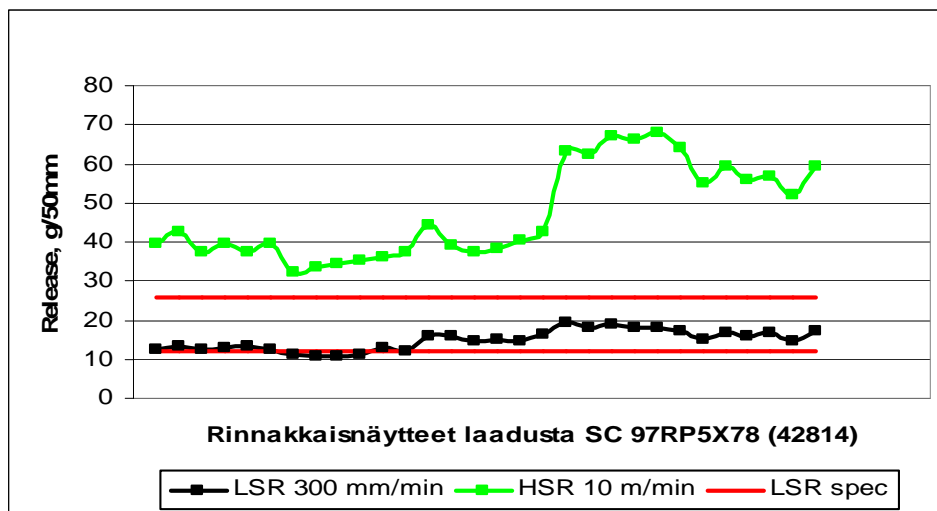


Kuva 50. LSR- sekä HSR-arvot tuotteelle 04RP4803 kun irrotusnopeudet olivat 300 mm/min(LSR) sekä 10 m/min(HSR).

Kuvasta 50 havaitaan, että LSR- ja HSR-arvojen kuvaajat eivät seuraa toisiaan. Vaihteluväli on hieman suurempi HSR-arvoilla. Tuotteen LSR-arvot ovat kaikki spesifikaatioiden sisäpuolella.

Tuotteen LSR- ja HSR-arvojen välille laskettu korrelaatiokerroin on -0,14. Arvon ollessa negatiivinen muuttuvat arvot vastakkaisiin suuntiin, LSR-arvojen kasvaessa vastaavat HSR-arvot laskevat ja päinvastoin. Korrelaatiokerroin on niin lähellä nollaa, että lineaarista riippuvuutta ei näiden arvojen välillä ole.

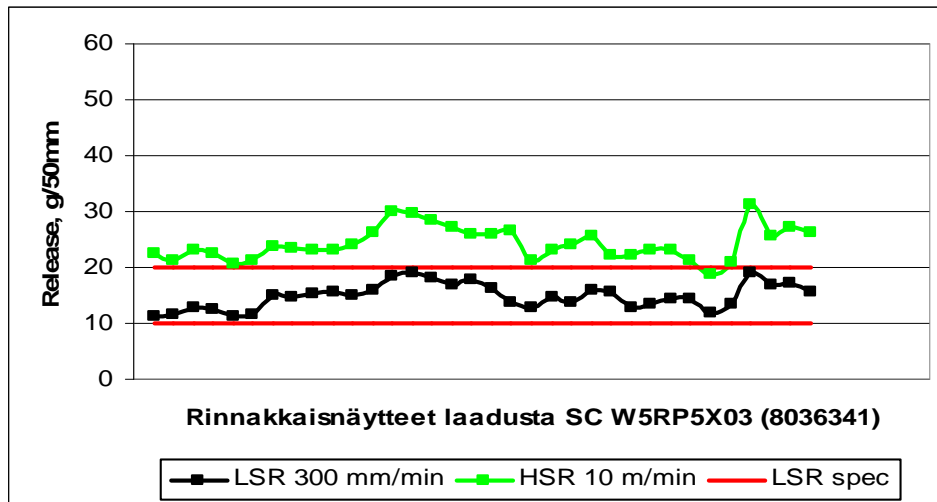
Tuotteen Data / RP5X / Kraft Special LSR- sekä HSR-arvot ovat esitetty kuvassa 51. LSR-mittauksissa irrotusnopeutena on standardi mittaussnopeus, 300 mm/min. HSR-mittauksissa irrotusnopeus oli 10 m/min. Kuvasta nähdään myös tuotteen LSR-arvolle asetettu spesifikaatio.



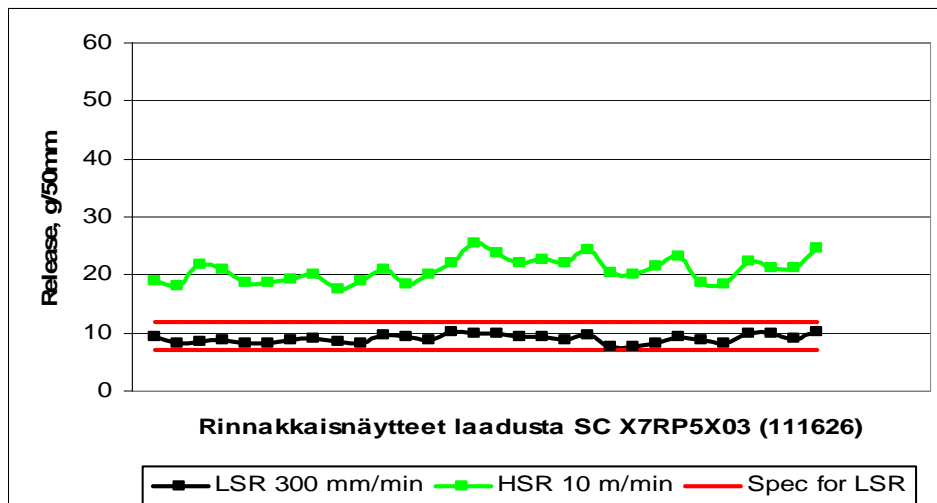
Kuva 51. LSR- sekä HSR-arvot tuotteelle kun irrotusnopeudet olivat 300 mm/min(LSR) sekä 10 m/min(HSR).

Kuvasta 51 nähdään, että tuotteen Data/RP5X/Kraft Special LSR- ja HSR-arvojen kuvaajat seuraavat toisiaan eri mittauspisteissä. Arvojen vaihteluväli on suurempi HSR-arvoilla. Korrelaatiokerroin LSR- ja HSR-arvojen välillä on 0,89. Korrelaatiokertoimen itseisarvon ollessa lähellä yhtä voidaan puhua voimakkaasta lineaarisesta yhteydestä arvojen välillä. Tässä tapauksessa arvon ollessa positiivinen muuttuvat LSR- ja HSR-arvot samaan suuntaan, eli LSR-arvojen kasvaessa myös HSR-arvot yleisesti ottaen kasvavat.

Kuvassa 52 on esitetty LSR- sekä HSR-arvot tuotteelle, jossa pintana on Raflabrite, liimana RP5X sekä taustana honey glassine. Kuvassa 53 vastaavat arvot on esitetty muuten samalle tuotteelle, mutta pintana on Thermal Eco J/A.



Kuva 52. LSR- sekä HSR-arvot tuotteelle W5RP5X03 kun irrotusnopeudet olivat 300 mm/min(LSR) sekä 10 m/min(HSR).



Kuva 53. Tuotteen X7RP5X03 LSR-arvot irrotusnopeudella 300 mm/min sekä HSR-arvot irrotusnopeudella 10 m/min.

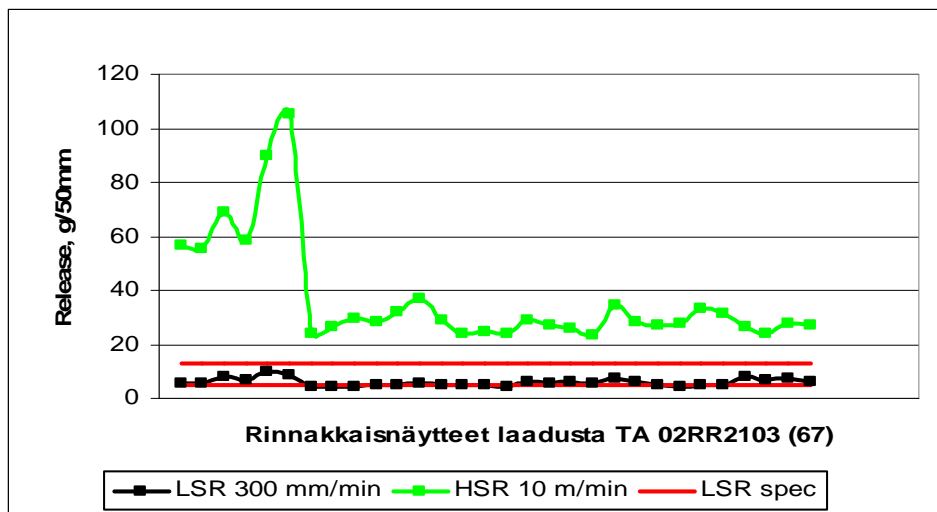
Kuvasta 52 nähdään, että tuotteella Raflabrite/RP5X/HG65 low speed release ja high speed release arvot seuraavat suhteellisen hyvin toisiaan. Tuotteen LSR-arvon kasvaessa kasvaa myös HSR-arvo. Kuvasta 53 nähdään, että tuotteella Thermal Eco J/A/RP5X/HG65 näiden kahden arvon välillä ei ole näin selkeätä riippuvuutta. Kuten kuvista nähdään, ovat tuotteiden LSR-arvot spesifikaatioiden sisäpuolella.

Korrelaatiokerroin tuotteelle W5RP5X03 on 0,87 ja tuotteelle X7RP5X03 vastaava arvo on 0,66. Tuotteen W5RP5X03 korrelaatiokerroin on niin lähellä arvo yksi, että voidaan puhua positiivisesta lineaarisesta yhteydestä LSR- ja HSR-arvojen välillä. Tuotteella X7RP5X03 korrelaatiokerroin jää niin alhaiseksi, että varsinaisesti lineaarisesta yhteydestä ko. arvojen välillä ei voida puhua.

### 9.3.4 Tampere dispersio

Tampereen tuotteista testeihin valittiin kaiken kaikkiaan kuusi tuotetta, joista yksi oli hotmelt-liimalla ja muut dispersio-liimalla.

Kuvassa 54 on esitetty LSR- sekä HSR-arvot tuotteelle Vellum TTR / RR21 / honey glassine. Irrotusnopeudet olivat 300 mm/min (LSR) sekä 10 m/min (HSR). Kuvasta on myös nähtävissä tuotteelle asetetut spesifikaatiot LSR-arvolle.

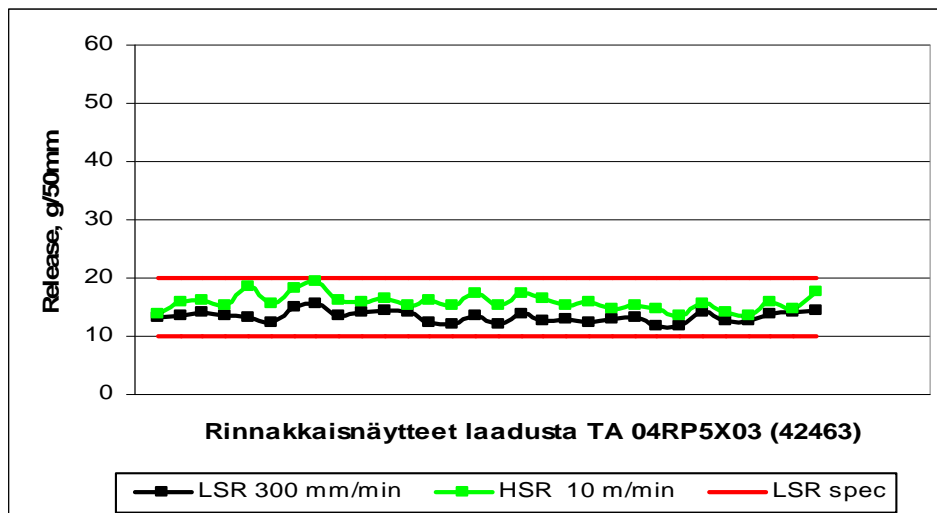


Kuva 54. LSR- sekä HSR-arvot tuotteelle kun irrotusnopeudet olivat 300 mm/min(LSR) sekä 10 m/min(HSR).

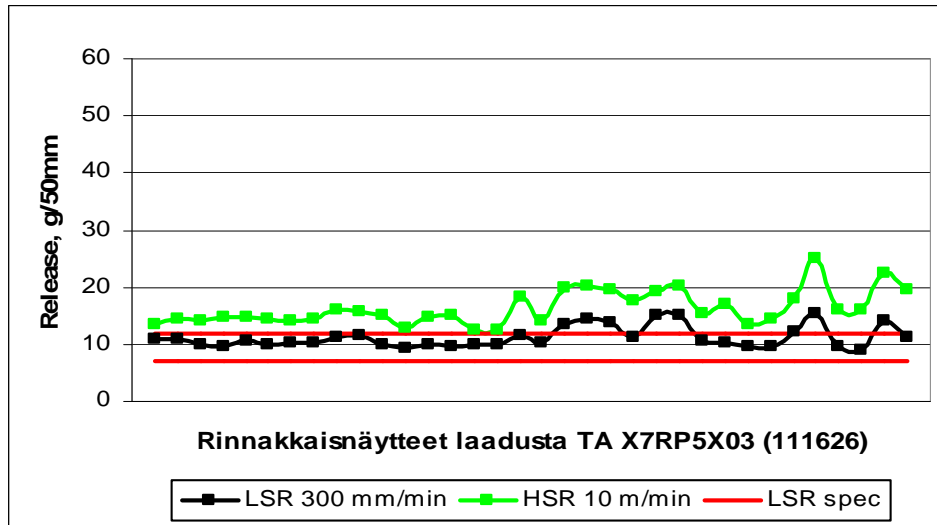
Kuten kuvasta 54 nähdään, ei tuotteen Vellum TTR/RR21/HG65 LSR- sekä HSR-arvojen välillä ole havaittavissa riippuvuutta. HSR-arvojen suuri vaihtelu saattaa johtua satunnaisesta virheestä materiaalissa tai mittausvirheestä. Tuotteen LSR-arvot ovat hyvin lähellä spesifikaation alarajaa. Korrelaatiokerroin tuotteen LSR- ja HSR-arvojen

välillä on 0,67. Tämä arvo jää niin kauas arvosta yksi, että varsinaisesti lineaarista riippuvuutta näiden arvojen välillä ei voida sanoa olevan. Nancyn ja Scarborough vastaavilla tuotteilla korrelaatiokertoimet olivat hyvin samaa luokkaa, 0,78 (NA) ja 0,58 (SC).

Tuotteesta Raflacoat / RP5X / HG65 mitatut LSR- sekä HSR-arvot on esitetty kuvassa 55. Kuvassa 56 nämä vastaavat arvot on esitetty vastaavalle tuotteelle, pintana vaan Thermal Eco J/A.



Kuva 55. LSR- sekä HSR-arvot tuotteelle kun irrotusnopeudet olivat 300 mm/min (LSR) sekä 10 m/min (HSR).



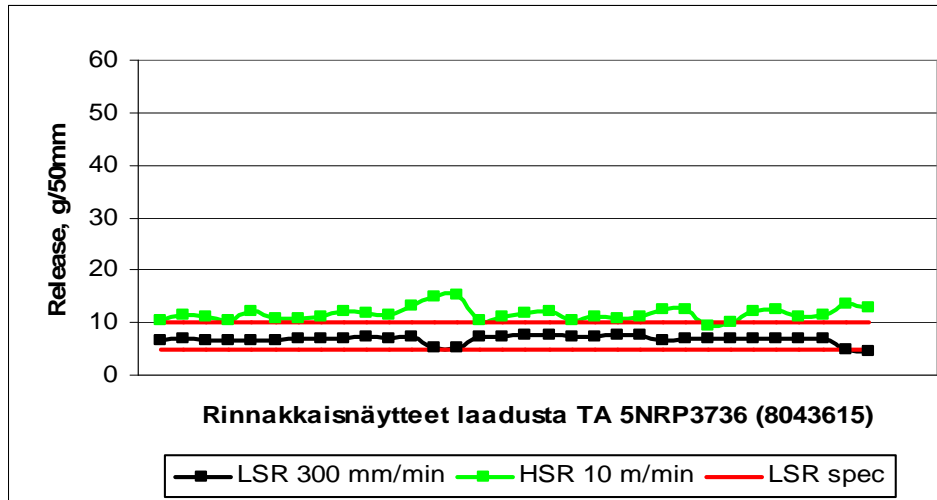
Kuva 56. LSR- sekä HSR-arvot tuotteelle kun irrotusnopeudet olivat 300 mm/min (LSR) sekä 10 m/min (HSR). Korrelaatiokerroin näiden arvojen välillä on 0,86.

Kuten kuvista 55 ja 56 nähdään, seuraavat LSR- ja HSR-arvojen kuvaajat suhteellisen hyvin toisiaan, LSR-arvon kasvaessa kasvaa myös HSR-arvo. Tuotteen 04RP5X03 LSR-arvot ovat tuotteelle asetetuissa spesifikaatioissa kun taas tuotteen X7RP5X03 LSR-arvot ovat hyvin spesifikaatioiden ylärajoilla ja osa jopa yli spesifikaatioiden.

Tuotteiden LSR- ja HSR-arvojen välille lasketut korrelaatiokertoimet olivat molemmat positiiviset, eli arvot muuttuvat samaan suuntaan. Tuotteella 04RP5X03 kertoimen arvo on 0,61 ja tuotteella X7RP5X03 kerroin on 0,86. Näiden perusteella tuotteen X7RP5X03 LSR- ja HSR-arvojen välillä voidaan sanoa olevan hieman positiivista lineaarista yhteyttä. Korrelaatiokerroin 0,61 jää niin alhaiseksi, että varsinaisesta lineaarisesta yhteydestä arvojen välillä ei voida puhua.

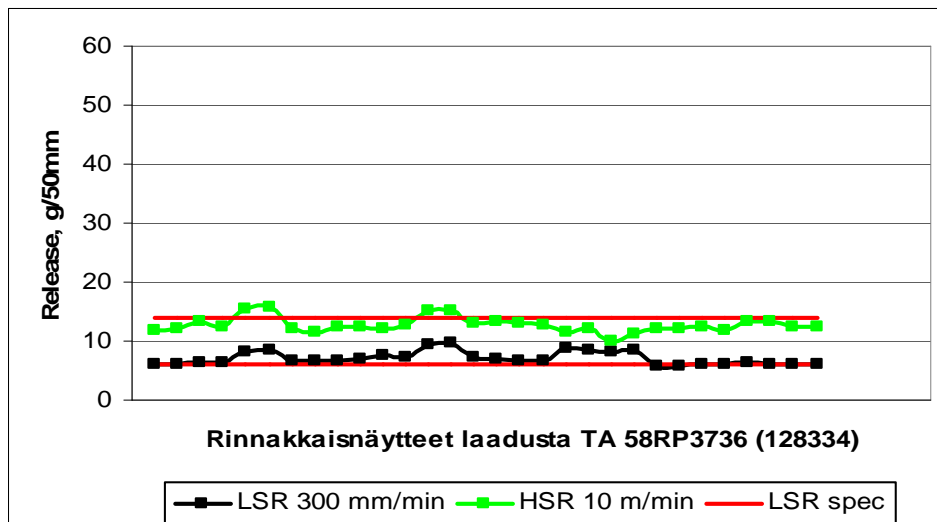
Kuvissa 57 ja 58 on esitetty LSR- sekä HSR-arvot tuotteille, jossa pintana molemmissa on filmi, liimana pysyvä dispersioliima RP37 sekä taustana glassine –paperi. Kuvassa 57 tuotteen pintamateriaalina on valkoinen polypropeeni kun taas kuvassa 58 valkoinen polyeteeni. Molemmissa kuvissa on myös nähtävissä tuotteille asetetut LSR spesifikaatiot.





Kuva 57. Tuotteen LSR-arvot irrotusnopeudella 300 mm/min sekä HSR-arvot irrotusnopeudella 10 m/min.

Kuten kuvasta 57 nähdään, ei tuotteen 5NRP3736 LSR- ja HSR-arvot muutu samaan suuntaan. Korrelaatiokerroin näiden arvojen välillä onkin negatiivinen,  $-0,60$ . Kerroin jää niin alhaiseksi, että ei voida puhua negatiivisesta lineaarisesta yhteydestä. Kuten kuvasta nähdään, ovat tuotteen LSR-arvot niille asetetuissa spesifikaatioissa.



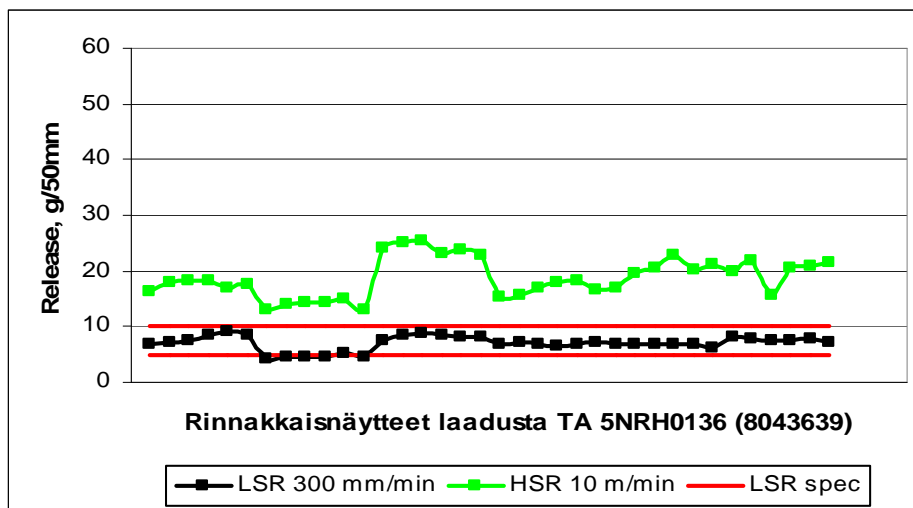
Kuva 58. Tuotteen LSR-arvot irrotusnopeudella 300 mm/min sekä HSR-arvot irrotusnopeudella 10 m/min. Korrelaatiokerroin näiden arvojen välillä on  $0,36$ .

Kuvasta 58 nähdään, että tuotteen 58RP3736 LSR- ja HSR-arvot seuraavat paikoitellen toisiaan eli muuttuvat samaan suuntaan. Arvojen välinen korrelaatiokerroin on  $0,36$ .

Positiivinen kerroin osoittaa, että arvot muuttuvat samaan suuntaan, mutta kertoimen itseisarvo on niin lähellä arvo nolla, että arvojen välillä ei voida sanoa olevan lineaarista yhteyttä.

### 9.3.5 Tampere hotmelt

Tampereen tehtaan tuotteista testeihin valittiin yksi tuote hotmelt-liimalla. Kyseisen tuotteen pintana on valkoinen polypropeeni filmi ja tausta paperina valkoinen glassine – paperi. Kuvassa 59 on esitetty tuotteen PP Gloss White TC-4 / RH01 / high density 75 white näytteistä mitatut LSR- ja HSR-arvot.



Kuva 59. LSR- sekä HSR-arvot tuotteelle kun irrotusnopeudet olivat 300 mm/min (LSR) sekä 10 m/min (HSR). Korrelaatiokerroin näiden arvojen välillä on 0,68.

Kuten kuvasta 59 havaitaan, seuraavat LSR- ja HSR-arvojen kuvaajat osittain toisiaan. HSR-arvojen vaihteluväli on suurempi kuin LSR-arvojen. Tuotteen LSR-arvot ovat spesifikaatioiden sisäpuolella.

Tuotteen LSR- ja HSR-arvojen välille laskettu korrelaatiokerroin on 0,68. Kerroin on positiivinen eli arvot muuttuvat samaan suuntaan, mutta lineaarista yhteyttä LSR- ja HSR-arvojen välille ei tämän kertoimen perusteella voida sanoa olevan.

#### 9.4 Johtopäätökset

Työn tässä osassa oli tarkoitus selvittää korreloivatko tuotteesta mitatut low speed release ja high speed release arvot. UPM Raflatacissa low speed release on yksi laadunvalvonta mittauksista, joka suoritetaan ajon aikana. Mittauksessa käytetty irrotusnopeus on 300 mm/min. High speed release mittaus ei kuulu näihin mittauksiin. Tarralaminaatin jatkojalostuksessa käytettävien automaattisten etiketöintilaitteiden nopeus on ajan myötä kasvanut, joten HSR testi vastaa paremmin tarralaminaatin jatkojalostuksessa tapahtuvaa irrotustyötä kuin LSR testi. Tästä johtuen haluttiin selvittää testien korreloituvuus. Mittauksissa käytetyt irrotusnopeudet olivat 300 mm/min (LSR) ja 10 m/min (HSR).

Työssä testattiin näytteitä Nancyn, Scarborough'n ja Tampereen tehtailta. Kaiken kaikkiaan työssä testattiin 17 eri näytettä, joista vain kolmella korrelaatiokertoimen arvo LSR ja HSR välillä oli yli 0,80. Tämän perusteella voidaan todeta että korrelaatio näiden kahden mittauksen välillä on pieni. Suurimmaksi osaksi korrelaatiokertoimien arvot olivat positiivisia eli arvot muuttuivat samaan suuntaan, mutta korrelaatio näiden välillä jäi mitättömäksi.

Tuotteista mitattua low speed release arvo verrattiin kyseiselle tuotteelle asetettuun LSR spesifikaatioon. Testatuista tuotteista Nancyn tuotteet poikkeisivat eniten spesifikaatioista, Scarborough'n ja Tampereen tuotteiden asettuessa lähestulkoon poikkeuksetta spesifikaatioihin.

Taulukossa III on esitetty yhteenvetona eri tuotantolaitoksilla valmistettujen tuotteiden korrelaatiokertoimet LSR- ja HSR-arvojen välillä.

Taulukko III Nancyssä, Scarborough:ssa sekä Tampereella valmistettujen tuotteiden korrelaatiokertoimet LSR- ja HSR-arvojen välillä.

	NA	SC	TA
<b>02RR2103</b>	0,78	0,58	0,67
<b>X7RR2103</b>	0,74		
<b>W5RP5X03</b>	0,59	0,87	
<b>X7RP5X03</b>	0,66	0,66	0,86
<b>02RH0103</b>	0,55		
<b>03RH0103</b>	0,33		
<b>04RP4803</b>		-0,14	
<b>97RP5X78</b>		0,89	
<b>04RP5X03</b>			0,61
<b>5NRP3736</b>			-0,60
<b>58RP3736</b>			0,36
<b>5NRH0136</b>			0,68

## 10 YHTEENVETO

Tämä työ voidaan jakaa kolmeen eri osioon. Työn ensimmäisessä osassa määritettiin HSR spesifikaatiot irrotusnopeuden ollessa 10 m/min UPM Raflatacista eräälle asiakkaalle toimitettaville tuotteille. Osalle tuotteista oli jo olemassa oleva spesifikaatio, joten nämä tarkistettiin ja päivitettiin. Osalle tuotteista puuttui vielä varsinainen spesifikaatio, joten nämä määritettiin mittaustulosten perusteella. Työn toisessa osassa oli tarkoitus selvittää miten HSR-mittauksissa käytetty irrotusnopeus vaikuttaa tuotteen releasearvoon. Työn pääpaino oli työn kolmannessa ja viimeisessä osiossa, jossa selvitettiin korreloivatko tuotteesta mitatut LSR- ja HSR-arvot.

Referenssiasiakkaalle toimitetuista tuotteista valittiin ne, joita oli toimitettu kyseiselle asiakkaalle viimeisen vuoden aikana. Näistä tuotteista mitattiin HSR-arvot irrotusnopeuden ollessa 10 m/min. Saatuja arvoja verrattiin jo olemassa oleviin spesifikaatioihin ja tarvittaessa päivitettiin uusiksi. Niille tuotteille, joille HSR spesifikaatioita ei löytynyt, määritettiin uudet spesifikaatiot mittausten perusteella. Jo olemassa olevat HSR spesifikaatiot eivät testien perusteella muuttuneet juuri lainkaan ja

osa spesifikaatioista pysyi samana. Aikaisemmin spesifikaatiot oli määritelty jokaiselle tuotekombinaatiolle erikseen, nyt spesifikaatiot määriteltiin koskemaan suurempaa tuoteryhmää. Tuotteet jaoteltiin pintamateriaalin, liiman ja taustan mukaan ryhmiin.

Työn toisessa osiossa selvitettiin miten HSR testeissä käytetty irrotusnopeus vaikuttaa tuotteen releasearvoon. Testeihin valittiin neljä irrotusnopeutta, jotka olivat 10, 50, 100 ja 150 m/min. UPM Raflatacissa standardi irrotusnopeus HSR-mittauksissa on 100 m/min. Kaikkien testeihin valittujen tuotteiden kohdalla irrotusnopeuden vaikutus release-arvoon oli sama, irrotusnopeuden kasvaessa release-arvo kasvoi. Suurimalla osasta tuotteita suurin kasvu release-arvossa tapahtui kun irrotusnopeus nostettiin 10 m/min:sta 50m/min. Tämän jälkeen irrotusnopeuden nosto vaikutti enää vähän jos lainkaan tuotteen release-arvoon. Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta mittapisteiden hajonta kasvoi kaikilla tuotteilla irrotusnopeutta nostettaessa. Pienin hajonta oli irrotusnopeuden ollessa alhaisin, 10 m/min.

Työn kolmannessa osassa selvitettiin korreloivatko tuotteesta mitatut LSR- ja HSR-arvot. UPM Raflatacissa low speed release on yksi laadunvalvonta mittauksista, joka suoritetaan ajon aikana. HSR-mittaus ei kuulu näihin laadunvalvonta mittauksiin. LSR-mittauksissa käytetty irrotusnopeus on 300 mm/min. Koska tarralaminaatin jatkojalostuksessa käytettyjen automaattisten etiketöintikoneiden nopeus on ajan myötä kasvanut, kuvaa HSR-testi paremmin jatkojalostuksessa tapahtuvaa irrotustyötä kuin LSR testi. Tästä johtuen haluttiin selvittää testien korreloituvuus. Mittauksissa käytetyt irrotusnopeudet olivat 300 mm/min (LSR) ja 10 m/min (HSR). Työhön valitut näytteet olivat peräisin kolmelta eri tuotantolaitokselta. Kaiken kaikkiaan työssä testattiin 17 eri näytettä, joista vain kolmella korrelaatiokertoimen arvo LSR ja HSR välillä oli yli 0,80. Tämän perusteella voidaan todeta että korrelaatio näiden kahden mittauksen välillä on pieni. Suurimmaksi osaksi korrelaatiokertoimien arvot olivat positiivisia eli arvot muuttuivat samaan suuntaan.

**LÄHDELUETTELO**

1. KnowTac 2.0 beta. Saatavissa Raflatac:n intrasivuilta:  
[http://intranet.raflatac.com/Knowtac\\_global/files/starting.htm](http://intranet.raflatac.com/Knowtac_global/files/starting.htm)
2. Knowtac 6.0. Paperitekniikan ja automation oppimisympäristö. VTT Tuotteet ja tuotanto. 1997-2000.
3. Fairley, M., Encyclopedia of Labels and Label Technology, Tarsus Publishing Ltd, London 2004, 224 s.
4. FINAT Educational Handbook Self-adhesive labeling, edited by Ron Spring, 1996, 112 s.
5. Kenny, J. Synthetic Substrates. Label & Narrow Web. January(2005). Saatavissa: <http://www.labelandnarrowweb.com/articles/2005/01/synthetic-substrates.php>. [verkkoartikkeli, viitattu 21.04.2006]
6. Jones J.D., Peters Y.A., Silicone Release Coatings, Handbook of pressure sensitive adhesive technology, 2<sup>nd</sup> ed., Satas, D. (Ed.), Van Nostrand Reinhold, New York, 1989, s. 601-626.
7. Petrie, E.M., Additives for Pressure Sensitive Adhesives. SpecialChem<sup>®</sup>Adhesives&Sealants. Nov 4(2002). Saatavissa: <http://www.specialchem4adhesives.com/resources/articles/printarticle.aspx?id=133>. [verkkoartikkeli, viitattu 21.04.2006]
8. Kenny, J., Pressure Sensitive Adhesives, Label & Narrow Web, 10(2005)3, s. 46-48.
9. Raflatac, Adhesive Book, Julkaisematon seloste, 2004.
10. Benedek, I., Heymans, L.J., Pressure-Sensitive Adhesives Technology. Marcel Dekker, New York 1997, 600 s.
11. Kuusipalo, J., Taipale, J., Coating and lamination and product applications, Paper and Paperboard Converting, Papermaking Science and Technology, Book 12, Fapet Oy,
12. Satas, D., Satas, A.M., Labels, Handbook of pressure sensitive adhesive technology, 2<sup>nd</sup> ed., Satas, D. (Ed.), Van Nostrand Reinhold, New York, 1989, s. 745-766.

13. Stebbings, R., Cutting and Converting Technology, Printing School, UPM Raflatac, Manchester, May 21-26, 2005.
14. Kuo, A.C.M., Part 1-An Introduction to Silicone, Silicone Release Coatings for the Pressure Sensitive Industry – Overview and Trends. Dow Corning Corporation. Saatavissa: [http://www.dowcorning.com/content/webabstract/abs\\_30-1069a-01.asp](http://www.dowcorning.com/content/webabstract/abs_30-1069a-01.asp), [viitattu 21.04.2006]
15. Eckberg, R., The chemistry and technology of thermally cured silicone release agents. Tappi Polymers, Laminations and Coatings Conference Proceedings, 1987, s. 21-25.
16. Orlych, G., M., Silicone-Adhesive Interactions In Release Liner Applications, Adhesive & Sealants Industry. Saatavissa: [http://www.adhesivesmag.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP\\_\\_Features\\_\\_Item/0,2101,123422,00.html](http://www.adhesivesmag.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP__Features__Item/0,2101,123422,00.html), [viitattu 21.04.2006]
17. Jones, D. Factors Affecting the Selection and Performance of Silicone Release Coatings. Dow Corning Corporation 1997.
18. Kuo, A.C.M., Part 3- Understanding Release Force, Silicone Release Coatings for the Pressure Sensitive Industry – Overview and Trends. Dow Corning Corporation. Saatavissa: [http://www.dowcorning.com/content/webabstract/abs\\_30-1069a-01.asp](http://www.dowcorning.com/content/webabstract/abs_30-1069a-01.asp), [viitattu 21.04.2006]
19. Eckberg, R.P., The chemistry and technology of thermally cured silicone release agents, *Converting & Packaging*, 1987:12, s.152-155.
20. Reti, R., Platinum catalyzed silicone release coatings, *Appita Journal*, 40(1987)5, s.372-374.
21. Duffy, S., Solvent free thermal silicones for release applications, *Pressure Sensitive Industry: Markets and Technology Yearbook: 1998*, Higham, R.A., Data Transcripts Ltd, UK, 1998, s. 50-58.
22. Kuo, A.C.M., Part 2 – Cure Chemistries and Delivery Systems, Silicone Release Coatings for the Pressure Sensitive Industry – Overview and Trends. Dow Corning Corporation. Saatavissa: [http://www.dowcorning.com/content/webabstract/abs\\_30-1069a-01.asp](http://www.dowcorning.com/content/webabstract/abs_30-1069a-01.asp), [viitattu 21.04.2006]
23. Raflatac, In house Training: Silicones, Päivi Reponen, 2005.

24. Nagata, T., Technical Trend of Solventless Silicone for Release Paper, Paper, Film & Foil Converttech Pacific, 2000:10, s. 22-25.
25. Hockemeyer, F., Weidner R., The interaction between silicone surfaces and pressure-sensitive adhesives, *Pressure Sensitive Industry: Markets and Technology Yearbook: 1998*, Higham, R.A., Data Transcripts Ltd, UK, 1998, s. 59-72.
26. Turva, M., Tyypillisten tarraliimojen soveltuvuus liuotinvapaalla silikonoinnilla valmistetulle irrokepaperille, Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, Prosessi- ja materiaalitekniikan osasto, Espoo, 1988, 106 s.
27. Satas, D., Release Coatings, Handbook of pressure sensitive adhesive technology, 2<sup>nd</sup> ed., Satas, D. (Ed.), Van Nostrand Reinhold, New York, 1989, s. 585-600.
28. Fukuzawa, K., Aging, Handbook of pressure sensitive adhesive technology, 2<sup>nd</sup> ed., Satas, D. (Ed.), Van Nostrand Reinhold, New York, 1989, s. 244-259.
29. Anon. Pressure Sensitive – How silicone coverage, and adhesive and silicone coating thickness affect release performance. Dow Corning. USA 2004.
30. Anon. Pressure Sensitive – How delaminating speed and angle affect release performance. Dow Corning. USA 2004.
31. Anon. Pressure Sensitive – How humidity and temperature affect release performance. Dow Corning. USA 2004.
32. Finat, Technical Handbook, Test Methods, saatavissa: <http://www.finat.com/ftm4.html>, [viitattu 21.04.2006]
33. Finat, Technical Handbook, Test Methods, saatavissa: <http://www.finat.com/ftm3.html>, [viitattu 21.04.2006]



This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.