

POLYPROPEENI RULLAETIKETTIEN OMINAISUUKSIEN TUTKIMINEN

Lopputuotteen laatuun ja tuoteajoon vaikuttavat tekijät

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan laitos
Muovitekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyö
Syksy 2010
Tiina Lappalainen

Lahden ammattikorkeakoulu
Muovitekniikan koulutusohjelma

LAPPALAINEN, TIINA: Polypropeeni rullaetikettien ominaisuuksien
tutkiminen
Lopputuotteen laatuun ja tuoteajoon vaikuttavat tekijät

Muovitekniikan opinnäytetyö

41 sivua, 10 liitesivua

Syksy 2010

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä on tutkittu Sinebrychoffin PET- kierrätysmuovipullojen täyttölinjoilla käytettäviä polypropeeni rullaetikettejä. Kyseisiä etikettejä käytetään kahdella eri linjastolla: 0,45/0,5 litran sekä 1,5/2,0 litran pullojen täyttölinjastoilla. Työn tarkoitus oli kerätä tutkimustietoa eri tuotteiden etiketeistä ja tutkia etenkin liimautuvuuteen vaikuttavia tekijöitä. Työn lähtökohtina olivat myös tuoteajossa havaitut ongelmat ja eri tuotteiden väliset erot sekä etikettien ominaisuuksiin perehtyminen.

Liimautuvuutta tutkittiin pintaenergia mittauksilla ja todettiin niiden olevan alhaiset verrattaessa arvoja teoreettiseen hyvän liimautuvuuden raja-arvoon. Liimasauman pitävyyttä arvioidessa liiman käytön asetusarvojen vaihteluilla on kuitenkin myös huomattava osuus.

Työssä tehtiin myös kartoitusta staattisen sähkön esiintymisestä, jotta voitaisiin todeta tai pois sulkea mahdolliset staattisen sähkö aiheuttamat ongelmat tuoteajossa. Staattinen sähkö saattaisi olla vaikuttamassa etiketin liikkuvuuteen liittyviin ongelmiin. Staattisen sähkö ei havaittu aiheuttavan ongelmia rullien ollessa varauksettomia ennen tuoteajoa.

Avainsanat: etiketti, pintaenergia, transparent-etiketti, opaque-etiketti, staattinen sähkö

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in plastics engineering

LAPPALAINEN, TIINA : Reelfed polypropylene labels
The factors affecting the end product and the labelling
process

Bachelor's Thesis in
Plastics engineering

41 pages, 10 appendices

Autumn 2010

ABSTRACT

This thesis deals with the reelfed polypropylene labels used in the recyclable PET bottle filling processes in the brewery of Sinebrychoff. The labels are used in two different production lines, which produce 0.45/0.5l and 1.5/2l bottles. The objective was to gather information about the labels of different products and especially concentrate on the factors that have an effect on the adhesion of the label. The starting point for the thesis was also the problems and material differences detected in production.

Adhesion of the label was studied with surface-energy measurements which showed that adhesion is low comparing to the theoretical limit value of good adhesion. However, when the staying power of the glued surfaces was estimated, it was noted that the features of the glue are also a significant factor.

The thesis also included research on the static electricity in the labelling process so that the problems caused by static electricity could be determined or excluded. Static electricity could be one cause of the problems related to the moving of the label in the labelling process. However, no significant static charges were detected in this study.

Key words: adhesion, label, surface energy, static electricity

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	SINEBRYCHOFF	2
2.1	Carlsberg group	2
2.2	Sinebrychoffin avainlukuja 2009	2
2.3	Asiakkaat ja tuotteet	3
2.4	Sinebrychoff ja ympäristö	3
2.5	PET- pullojen kierrätys	4
3	TUTKITTAVA TUOTE	5
3.1	Etikettien visuaaliset ominaisuudet	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
3.2	Tekniset tiedot	6
3.3	Etikettikalvon valmistus	8
3.4	Fleksopaino menetelmä	9
3.5	Painoväri	11
4	ETKETTIEN PINNAN TUTKIMINEN	12
4.1	Pintaenergioiden tutkiminen	12
4.3	Liiman vaikutukset liimasaumaan	18
4.4	Värien pysyvyys	19
4.5	Värien pysyvyyden testaus	20
4.6	Eri pintakäsittelyjen vaikutukset pintaenergiaan	21
5	STAATTINEN SÄHKÖ	24
5.1	Perustietoa staattisesta sähköstä	24
5.2	Staattisen sähkön mittaukset	26
5.3	Seurantaerät	27
5.3.1	Seurantaerä 1	27
5.3.2	Seurantaerä 2	29
5.4	Sähköinen testierä	32
6	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	39

1 JOHDANTO

Työn tavoitteena oli tutkia KMP pullojen täyttölinjoilla käytettävien rullaetikettien ominaisuuksia. Pääasiallisina tutkimuskohteina olivat etikettien liimauspinnan ominaisuudet eri etikettityyppien sekä kahden eri kalvotyypin osalta. Pinnan ominaisuuksien tutkimiseen liitettiin myös värin pysyvyyden sekä eri pintakäsittelyjen vaikutukset pintaenergiaan. Eri pintakäsittelyillä tarkoitetaan värjäystä, lakkausta sekä kalvon karhennusta.

Toisena osa-alueena työssä oli staattisen sähkön esiintymisen kartoitus. Tavoitteena oli selvittää staattisen sähkön muutoksia varastoinnin ja tuoteajojen aikana sekä selvittää tuoteajon aikana syntyvien varausten suuruuksia ja niiden mahdollisia vaikutuksia tuoteajoon.

2 SINEBRYCHOFF

Sinebrychoff on Pohjoismaiden vanhin panimo ja Suomen vanhin elintarvikealan yritys. Nikolai Sinebrychoff sai oikeuden rakentaa panimo Hietalahteen vuonna 1819. Vuodesta 1993 Sinebrychoffin toimipiste on sijainnut Keravalla, jonne on keskitetty myös jakelu ja varastointi. Juomien kuljetukset hoitavat yksityiset jakeluyrittäjät ja tuotteita kuljettaa päivittäin noin 250 jakeluautoa ja 40 raskasta ajoneuvoa. Sinebrychoff toimii siidereiden, lonkeroiden, oluen, virvoitusjuomien sekä energiajuomien valmistajana ja markkinoijana. Keravan tuotantolaitos on teknisesti ja toiminnallisesti Euroopan nykyaikaisimpia sekä ympäristöystävällisimpiä. Kierrätysmuovi- eli KMP-pullot ovat olleet osana valikoimaa vuodesta 2008. Pullot puhalletaan Sinebrychoffilla. (SFF yhtiöesittely 2010.)

2.1 Carlsberg group

Sinebrychoff on ollut osana Carlsberg-konsernia vuodesta 2000. Carlsberg group on yksi maailman johtavista panimokonserneista ja sen pääkonttori sijaitsee Kööpenhaminassa. Se työllistää noin 45 000 henkilöä noin sadassa panimossa. Vuoden 2009 liikevaihdoksi on ilmoitettu 59,4 miljardia DKK ja liiketulokseksi 9,4 miljardia DKK. Carlsberg-oluita on saatavilla yli 150 maassa ja oluen myynti vuonna 2009 on noin 12 miljardia litraa. (Oy Sinebrychoff Ab 2010a.)

2.2 Sinebrychoffin avainlukuja 2009

Vuoden 2009 liikevaihdoksi Sinebrychoff on ilmoittanut 376 miljoonaa euroa ja liiketulokseksi 57 miljoonaa euroa. Henkilöstön määrä kyseisenä vuonna on ollut 970 henkeä. Kokonaistuotanto oli 412 miljoonaa litraa ja noin puolet määrästä oli olutta. Vientiä oli noin 5 % myynnistä: Battery, Lonkero ja siiderit noin 40 maahan. (Oy Sinebrychoff Ab 2010b.)

2.3 Asiakkaat ja tuotteet

Sinebrychoffilla on noin 20 000 asiakasta joita ovat päivittäistavarakauppa, päivittäistavarakaupan ulkopuoliset asiakkaat (mm. kahviot, kioskit, työpaikat, pika ruokalait, huoltamot) sekä anniskeluasiakkaat (ravintola, yökerho). Olutjuomat käsittävät puolet tuotannosta, ja Sinebrychoffin oluita ovat Koff, Karhu, Carlsberg, Nikolai sekä Sinebrychoff Porterin eri variaatiot. Lisäksi yrityksen House Of Beer-valikoimassa on useita kansainvälisiä olutmerkkejä. Siiderivalikoimaan ovat kuuluneet tuotemerkit Crowmoore, Somersby sekä Golden Cap tuotteet jo vuodesta 1962. Lonkero kehitettiin vuoden 1952 olympialaisiin, ja lonkerotuotteita ovat Sinebrychoff Gin ja Kurko eri makuvariaatioineen. Sinebrychoffin oma innovaatio on Suomen ensimmäinen energiajuoma Battery.

Sinebrychoff valmistaa, myy ja jakelee kaikki Coca-Cola Companyn juomat Suomessa. Näitä ovat mm. Coca-Colan, Fantan ja Spriten eri versiot.

Muina alkoholittomina juomina mainittakoon Hyvää Päivää hyvinvointijuomat, Schweppws-juomat, Muumi, Smurffi sekä Dr Pepper. (SFF-yhtiöesittely 2010.)

2.4 Sinebrychoff ja ympäristö

Ympäristö otetaan huomioon kaikessa toiminnassa Sinebrychoffilla. Oluen pääraaka-aineet vesi ja mallas tulevat lähiympäristöstä ja oluen sivutuotteena syntyvä hiiva käytetään pääsääntöisesti sikojen ravintona. Sinebrychoffin tuotantolaitoksella sijaitsee osa Keravan kaupungin lämpölaitoksesta ja energia saadaan lämpölaitokselta 165 asteisena vetenä ja sama vesi käytetään kaukolämpönä Keravalla. (Oy Sinebrychoff Ab 2009c.)

Kaikki käytettävät pakkausmateriaalit ovat joko uudelleenkäytettäviä tai kierrätyskelpoisia. Myös kaikki juomapakkaukset kierrätetään: lasipullot, tölkit, kierrätysmuovipullot ja ravintoloiden astiat. Materiaalia pakkauksiin käytetään mahdollisimman vähän ja kierrätysmuovipulloista on materiaalia pystytty vähentämään jo 10 %. Kierrätysmuovipullot sisältävät 50 % kierrätettyä muovia. (Oy Sinebrychoff Ab 2009d)

Uudelleentäytettävät muovipullot ovat poistuneet kokonaan käytöstä, jolloin myös muovipullojen pesu on jäänyt pois ja jätevesikuormitukset ovat laskeneet. (Oy Sinebrychoff ab 2009e)

2.5 PET- pullojen kierrätys

Juomien valmistajat vievät kauppaan palautuneet tyhjät pullot kierrätyslaitokselle ja sieltä ne lähetetään jatkokäsittelijälle, joka rouhii, pesee ja granuloi materiaalin. Tämän jälkeen sitä voidaan käyttää uudelleen pulloaihioiden raaka-aineena. (PALPA 2009.)

PET-pulloihin kiinnitetyn muun materiaalin kuten esimerkiksi Polypropeenietiketin tulee irrota +70 °C pesussa. Etiketin tiheyden tulee olla $< 1 \text{ g/cm}^3$, jolloin se voidaan erottaa rouhinnan ja pesun jälkeen pullomateriaalista. Väritön PET-materiaali voidaan kierrättää pullosta pulloon ja värillinen PET käytetään kuitusovelluksiin. (PALPA 2007.)

3 TUTKITTAVA TUOTE

Tässä luvussa kuvataan tutkittavan tuotteen ominaisuuksia sekä elinkaarta ennen saapumista Sinebrychoffille. Tutkittavia tuotteita olivat kaikki käytössä olevat etikettirullat, joita käytetään KMP-pullojen täyttölinjoilla. KMP-pullot ovat kuuluneet valikoimaan vuodesta 2008, eli linjastot ovat suhteellisen uusia. Etikettejä on kahta laatua: läpinäkyvälle kalvolle painettuja transparent-etikettejä ja samealle opaque-kalvolle painettuja etikettejä. Etiketit painetaan fleksopainomenetelmällä ja ne toimitetaan noin 20 000 kappaleen rullissa (kuvio 1, joka on tästä versiosta poistettu salassapito syistä). Etiketointikone leikkaa etiketit ja asettaa ne pulloon kuumaliiman avulla.

3.1 Etikettien visuaaliset ominaisuudet

Opaque- kalvo on ominaisuuksiltaan valkoinen ja painopuolelta korkean kiillon omaava. Kuviossa 2 on opaque-kalvolle painettu etiketti, jonka pohjaväriinä oleva valkoinen on painamatonta materiaalia. Transparent-kalvo on läpikuultava ja kuvassa 2 on esitetty transparent-kalvolle painettu etiketti. Etiketit ovat painopuoleltaan toistensa vastakohtia: opaque-etikettien väri painetaan ulkopinnalle kun taas transparent-etiketeissä painoväri on pulloa vasten, kuten tuotteen A etiketissä (kuvio 2). Kuvio 2 ja 3 on poistettu salassapito syistä.

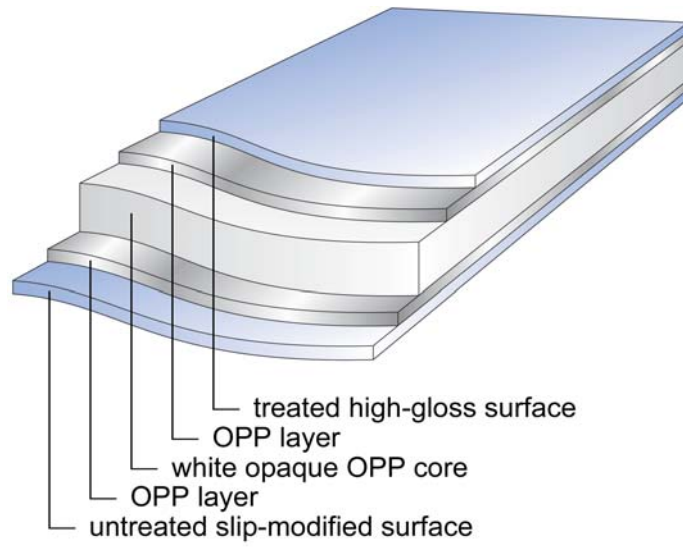
3.2 Tekniset tiedot

Kalvot eroavat toisistaan mm. paksuuden, tiheyden, yksikköpainon, pintajännityksen ja mekaanisten ominaisuuksien osalta. Taulukossa 1 on opaque- ja transparentkalvojen ominaisuuksien vertailua. Arvot on poimittu valmistajan tuotetiedoista, jotka ovat kokonaisuudessaan liitteessä 1 ja 2 (Treofan 2010a). Kalvot ovat tuntumaltaan hyvin erilaiset johtuen paksuus- ja etenkin tiheyserosta.

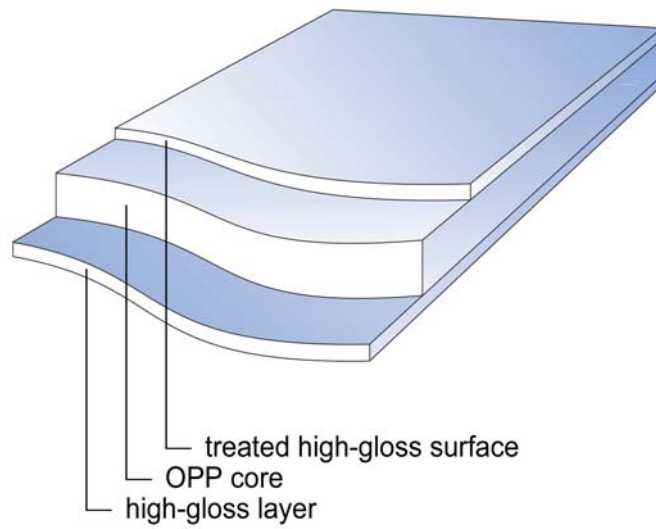
TAULUKKO 1. Transparent- ja opaque kalvojen paksuuden, tiheyden, yksikköpainon ja pintaenergioiden vertailua (Treofan 2010b)

	Transparent	Opaque
Nimellispaksuus	35 µm	38 µm
Tiheys	0,91 g/cm ³	0,62 g/cm ³
Yksikköpaino	31,8 g/m ²	23,5 g/m ²
Pintaenergia	36-39 mN/m	≥36 mN/m

Myös kalvojen kerrosrakenteet eroavat toisistaan. Erot on esitetty kuvioissa 5 ja 6. Opaque- kalvolla on valkoinen PP-ydin, jonka molemmin puolin on PP-kerros, joista painopuoli on koronakäsitelty. Transparent kalvossa on PP-ydin, jonka painopinta on koronakäsitelty.



KUVIO 4. Opaque- kalvon kerrosrakenne (Treofan 2010c)



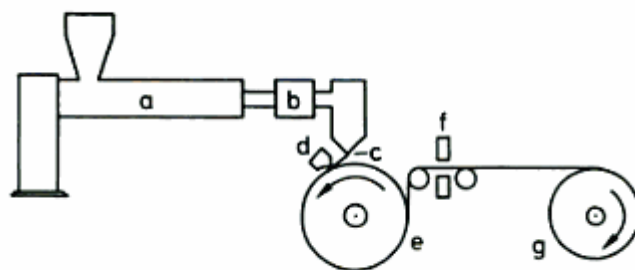
KUVIO 5. Transparent- kalvon kerrosrakenne (Treofan 2010d)

3.3 Etikettikalvon valmistus

OPP-kalvot, joilla on korkeat optiset ominaisuudet, valmistetaan tasokalvoekstruusiolla, jossa muovitelaa vasten oleva suutin pursottaa sulaa muovia, joka jäähtyy telojen välissä levyksi tai kalvoksi. Ekstruuderin ruuvi työntää sulan muovin suuttimen läpi ja syntynyt profiili kalibroidaan sekä jäähdytetään. (Muoke 2010) Puhuttaessa OPP-kalvosta tarkoitetaan kalvoa, jota on ekstruusioprosessissa venytetty konesuuntaan nähden. Tällaisen kalvon mekaaniset ominaisuudet ovat konesuuntaan nähden paremmat kuin poikkisuunnassa. (Nentwig 2006, 136.)

Kalvot käsitellään painopuolelta koronakäsittelyllä, jonka tarkoituksena on parantaa painettavutta altistamalla kalvo korkeajännitteiselle, korkeataajuuksiselle sähkövaraukselle (Crouch 2005, 98). Kalvoekstruusiossa muovikalvo saa optiset ominaisuutensa, kuten kiillon ja läpinäkyvyyden sekä sameuden.

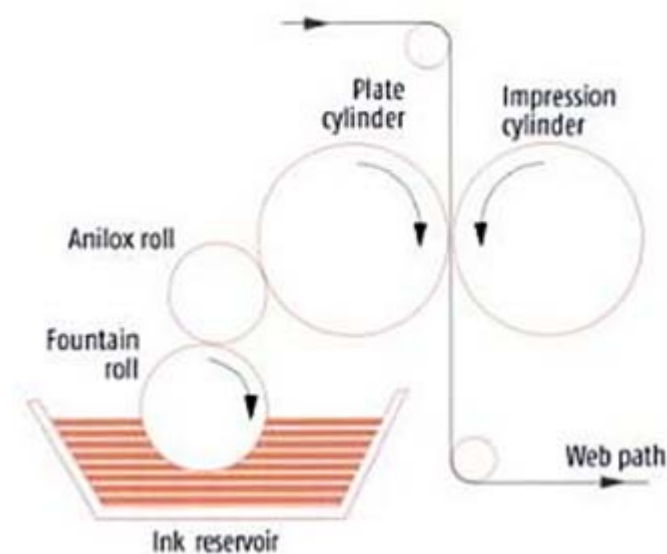
Kalvoekstruusion perusperiaate on esitetty kuviossa 6. Polymeeri sulaa ekstruuderissa (a) ja menee sihtipakan läpi, joka toimii suodattimena (b). Sula ohjautuu leveärakosuuttimen läpi, joka aikaan saa kalvon muodon (c). Jäähdytys tapahtuu jäähdytystelalla (e). Kalvon paksuuden kontrolloinnin (f) kautta kalvo kelataan rullalle. (Nentwig, 2006, 60)



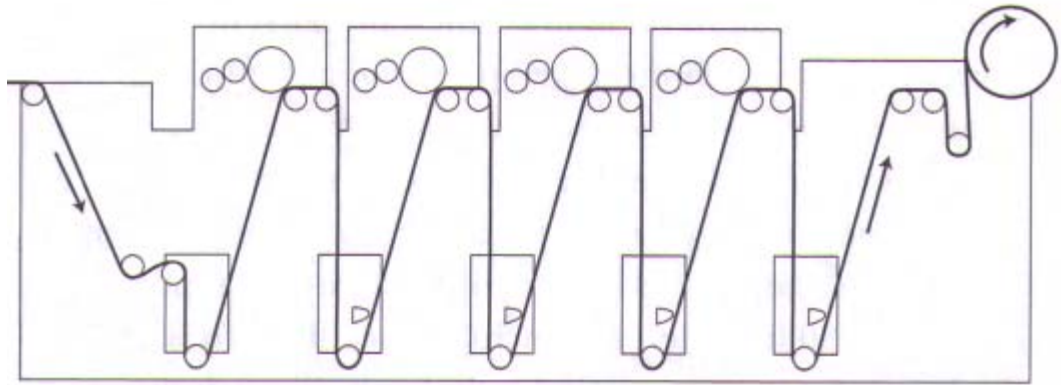
KUVIO 6. Tasokalvoekstruusin prosessikaavio (Nentwig 2006, 60.)

3.4 Flexopaino menetelmä

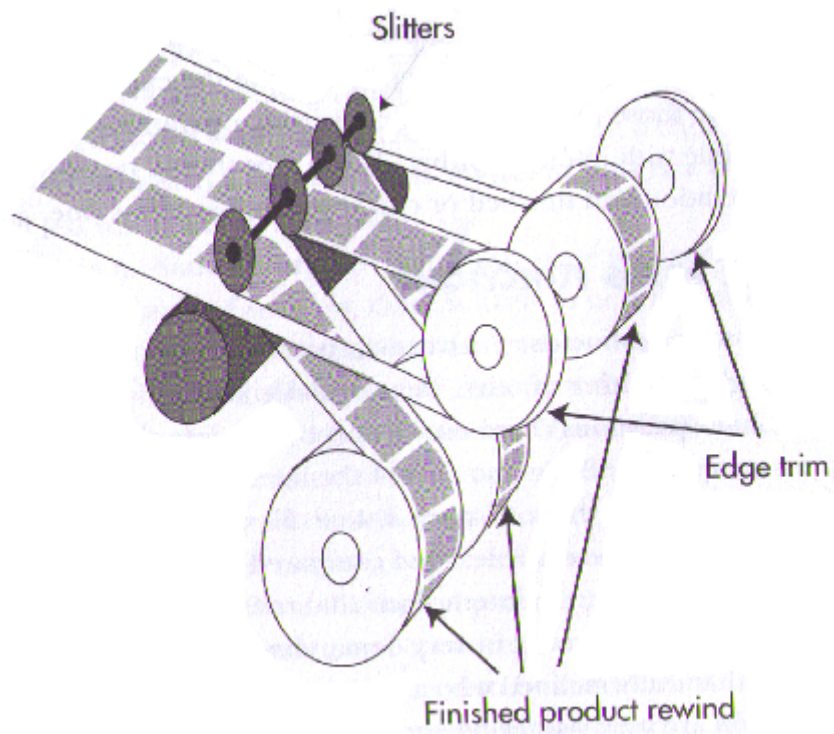
Etikettirullat on painettu flexopainatuksella. Se on kohopainomenetelmä, jossa painotela on joustava ja muste on nestemäistä. Värin siirtää painotelalle kaiverrettu sylinteri, jota kutsutaan anilox-telaksi. Värin määrää säädellään anilox-telan kupprien määrän ja koon avulla ja siirtyvän värimäärän tasaisuutta voidaan parantaa raakeliterällä, joka kaapii ylimääräisen värin pois. Painotelat voidaan valmistaa fotopolymeeristä tai kumista ja joustavuutensa vuoksi sillä voidaan painaa monenlaisille pinnoille. (Crouch 2005, 7.) Kuviossa 7 on kaavio painatus asemasta. Painatusasemien määrä sanelee käytettävien värien enimmäismäärän. Kuviossa 8 on in-line tyyppinen flexopainokone, jossa on neljä painatusasemaa. Etikettirulla saa lopullisen muotonsa, kun painettu rulla leikataan kuvion 9 osoittamalla tavalla.



KUVIO 7. Kaavio Flexopainomenetelmästä (Pipes, 2005, 203)



KUVIO 8. In-line tyyppinen fleksopainokone. (Crouch 2005, 135)



KUVIO 9. Painetun rullan leikkausprosessin periaatekuva (Crouch 2005, 147)

3.5 Painoväri

Fleksopainatuksessa on kolme yleistä väryyppiä: liuotinpohjaiset, vesipohjaiset ja UV-kovetteiset. Kyseisten etikettien painossa käytetään UV-kovetteisia värejä. UV-värit eroavat muista fleksopainossa käytettävistä väreistä siten, että ne eivät kuivu vaan kovettuvat ultraviolettisäteilyn vaikutuksesta. Väriaine koostuu pigmentistä, hartsista, nestemäisistä monomeereistä, fotoinitiaattoreista ja lisäaineista taulukon 2 osoittamissa suhteissa. (Crouch 2005, 86-90.)

Taulukko 2. Väriaineen koostumus (Crouch 2005, 91)

Komponentti	Osuus %
Pigmentti	15-20
Hartsi	40-60
Nestemäiset monomeerit	10-30
Lisäaineet	0.5-2

Väripigmentit sekoitetaan hartsiin, joka liimaa väriaineen kiinni kalvoon. Hartsi määrittää myös väriaineen kiillon. Viskositeetti määräytyy reaktiivisten monomeerien mukaan. Fotoinitiaattorit toimivat polymerisaation käynnistäjänä, kun väriaine altistetaan UV-säteilylle. Väri kovettuu kun, monomeerit liittyvät toisiinsa ja muodostavat polymeerin. Tämä tapahtuu hetkessä, mutta todellisuudessa kovettuminen vie paljon kauemmin aikaa eikä täydellistä kovettumista välttämättä saavuteta. (Crouch 2005, 87/90.)

Painoväriin pysyvyyden takaamiseksi fleksopainon yhteydessä kalvoa usein myös koronakäsitellään. Vaikka kalvon valmistaja on koronakäsitellyt kalvon, voi käsittelyn taso ajan myötä laskea. Tällöin pintaenergian tasoa voidaan nostaa juuri ennen painamista koronakäsittelyllä. (Crouch 2005, 98.)

4 ETKETTIEN PINNAN TUTKIMINEN

Työn tarkoituksena oli perehtyä eri etikettien pintojen ominaisuuksiin liimautuvuuden ja värien pysyvyyden kannalta. Etikettien liimapinnan ominaisuuksia tutkittiin pintaenergia mittauksien avulla. Mittauksien tavoitteena oli saada kokonaiskuva eri etikettien liimasauman ominaisuuksista. Liimasaumojen käyttäytymisestä kerättiin havaintoja myös tuoteajon aikana. Sauman pitävyyttä tutkittiin avaamalla sauma liimauksen jälkeen eri etikettityyppien välisten erojen havaitsemiseksi. Varsinaista mittausmenetelmää liimapinnan tutkimiseen ei ole vaan tutkiminen perustuu silmämääräiseen tuntumaan.

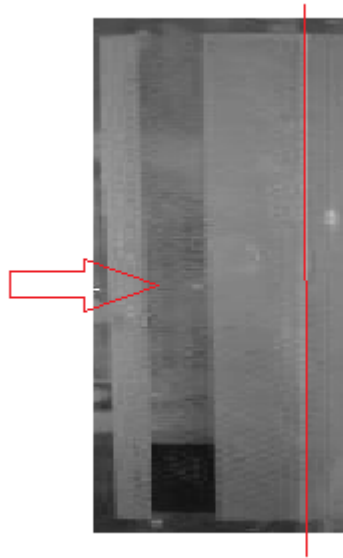
Värien pysyvyyden tutkimisen lähtökohtana oli tuoteajojen aikana tehdyt havainnot. Tietyistä etikettityypeistä oli havaittu irtoavan huomattavasti enemmän väriä tuoteajon aikana. Väri irtoaa pieninä hiukkasina, ja on havaittavissa etiketöintikoneen osien sotkeentumisena väriin.

4.1 Pintaenergioiden tutkiminen

Liimauspintaa tutkittaessa oli tavoitteena, että koko etikettivarasto käydään läpi jotta saataisiin määritettyä eri etikettien pintaenergiat liimautuvuuden määrittämiseksi. Jokaiselle rullalle tehtiin mittaus ja tulokset taulukoitiin jakaen eri konesarjojen tuotteet omiin taulukoihin: 0,5 l ja 1,5/2 l. Mittaukset suoritettiin samalla periaatteella kaikista transparent- ja opaque-etiketeistä.

Etiketin liimaukseen käytetään sulateliimaa, jonka työstölämpötila on 120-160 °C. Sulateliimat koostuvat kestumuovien polymeereista, joista tulee nestemäisiä korkeissa lämpötiloissa ja jotka kovettuvat jäähtymällä takaisin kiinteäksi. (Tremblay 2010) Liima on paineherkkää ja pysyy tahmeana huoneen lämpötilassa, ja yhteenliittäminen onnistuu hyvin pienen paineen avulla.

Mitattavaksi pinnaksi valittiin liimauksen kannalta kriittisin kohta eli kahden etiketin välisen liimapinnan puoli, johon ei liimauksessa aseteta liimaa vaan johon liiman olisi tartuttava etiketin painautuessa pullon ympärille. Kuvassa 4 (kuvio poistettu salassapito syistä) on havainnollistettu mitattava alue. Kuviossa 10 on transparent-etiketin liimauspinta. Opaque-etiketiltä mittaukset otetaan vastaavasta kohdasta.



KUVIO 10. Transparent-etiketin liimasauman alapinta (kuvaa muokattu salassapitosyistä)

Pintaenergioita tutkittaessa on otettava huomioon, että transparent- ja opaque-etiketit ovat toistensa vastakohtia painopintojen suhteen. Painoväri ja sen myötä koronakäsittely on etiketeissä vastakkaisilla puolilla, mikä vaikuttaa osaltaan pintaenergioiden mittauksien tuloksiin.

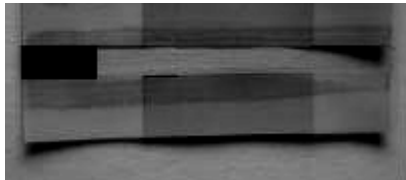
Pintaenergia mitattiin Arcotest-testikynillä, joista jokaiselle on määritelty sisältävän nesteen pintajännitys. Käytössä oli neljä pintajännitykseltään eri arvoista kynää, joiden pintajännitykset vastaavat materiaalin pintaenergioita 32,34,36 ja 38 mN/m. Yleisenä raja-arvona pidetään 38 mN/m, jolloin saavuttaessaan tai ylittäessään kyseisen arvon, katsotaan materiaalin pintaenergian olevan adheesion kannalta hyvä. (Crouch 2005, 97.)

Mittaus aloitetaan kynällä, jonka annettu arvo on 38 mN/m ja siirrytään pykälä kerrallaan arvoltaan pienempiin kyniin kunnes materiaalin pintaenergia saadaan määritettyä. Kynät antavat suunnan pintaenergian suuruudesta, mutta eivät kaikissa tapauksissa tarkkaa arvoa. Tuloksiin vaikuttavat myös mittajaan tulkinnat. Täten tulokset ovat tässä työssä suuntaa antavia ja tärkein informaatio on tieto millä etiketeillä pintaenergia on riittävä ja millä liian alhainen. Mitta-asteikko alkaa 32 mN/m, eikä se ole riittävä mitattaessa kalvojen koronoimattomien puolten pintaenergioita. Käsittelemättömän muovin pintaenergia on yleensä noin 30 mN/m (Crouch 2005, 97). Tulokset on esitetty kokonaisuudessaan liitteissä 3\4\5 ja 6. Taulukoissa on joka tuotteelle merkitty yksi arvo, vaikka mittaukset on otettu erien kaikista rullista. Saman erän rullien välillä ei kuitenkaan ollut eroja. Taulukoista nähdään myös, onko etiketit painettu transparent- vai opaque-kalvolle.

Mittaaminen tapahtui siten, että mitattavaa kohtaa väritettiin tussilla ja tarkkailtiin pisaroiden muodostumista noin kahden sekunnin aikana. Jos pisaroita ei muodostu, on pintaenergian arvo kyseisen kynän mukainen tai sitä suurempi. Jos pisaroita muodostuu, on pintaenergia käytetyn kynän arvoa alhaisempi. Kuviossa 11 on mitattu pintaenergia transparent-kalvon koronomattomalta puolelta. Mittaus on otettu arvon 32 mN/m kynällä ja pintaenergia on tätä alhaisempi. Kuviossa 12 on otettu mittaus arvon 36 mN/m kynällä ja tässä tapauksessa pintaenergia on kyseisen tai hieman korkeampi.



KUVIO 11. Pintaenergian mittaus etiketin painamattomalta puolelta (kuvaa muokattu salassapito syistä)



KUVIO 12. Pintaenergian mittaus etiketin painopuolelta (kuvaa muokattu salassapito syistä)

4.2 Tulosten analysointi

Pintaenergioita mitattaessa havaittiin, että kaikilla tuotteilla se oli alle yleisen hyvän liimautuvuuden raja-arvon eli 38 mN/m, monilla 36 ja 38:n välillä. Erityisen huono pintaenergia oli transparent-etiketeillä. Tuloksissa on kuitenkin otettava huomioon se, että transparent-etiketeillä pintaenergia mitattiin koronoimattomalta puolelta kun taas opaque-etiketeillä koronoidulta puolelta. Mittauksista ei voida vetää aukottomia johtopäätöksiä eri värien osalta, mutta viitteitä löytyy esimerkiksi hopean pohjaväriin omaavien etikettien pintaenergian paremmuudesta. Hopea väri saadaan aikaan alumiinin avulla ja se saattaa osaltaan vaikuttaa pintaenergiaan. Hopea on pohjaväriä monilla light- ja zero-tuotteilla. Toinen mittausjoukosta erottuva tuoteryhmä ovat B-tuotteet, joiden monissa etiketeissä värien osuus on kaikista vähäisin ja opaque kalvon valkoinen väri eniten esillä. Liimauskohda on näillä etiketeillä suurimmaksi osaksi painamatonta kalvopintaa. Näillä etiketeillä pintaenergia on järjestelmällisesti alle 36 mN/m ja voidaan todeta että värit parantavat kalvopinnan pintaenergiaa.

Pintaenergian mittaukset aloitettiin transparent- ja opaque-etiketeillä vastaavilta pinnoilta ja vertailun vuoksi otettiin mittauksia myös molempien etikettityyppien vastakkaisilta puolilta (taulukko 3). Taulukossa on esitetty mittaustulokset muutamien etikettien painamattomilta ja painetuilta pinnoilta, painetun puolen ollessa aina koronakäsitelty. Tuloksista voi havaita, että myös opaque etikettien koronoimattomalla puolella pintaenergia on hyvin huono ja transparent etiketin koronoidun pinnan pintaenergia pysyy valmistajan lupaamien arvojen alarajalla, mutta ei saavuta hyvän liimautuvuuden rajaa. Siispä etikettien liimasaumassa on etiketistä riippumatta toinen pinta pintaenergialtaan hyvin huono.

TAULUKKO 3. Painamattoman sekä painetun pinnan pintaenergioiden vertailua transparent- ja opaque-etiketeillä (tuotenimet poistettu salassapito syistä)

		Pintaenergia mN/m (painamaton pinta)		Pintaenergia mN/m (painettu pinta)
1.	A	<32		36
2.	B	<32		34
3.	C	<32		36
4.	D	<32		36
5.	E	<32		<36
6.	F	<32		36
7.	G	<32		36
8.	H	<32		36
9.	I	34		36
10.	J	<32		36
11.	K	<32		34

4.3 Liiman vaikutukset liimasaumaan

Tutkimusten ohessa tehtiin tuoteajon aikaisia havaintoja liimasauman käyttäytymisestä. Liimasaumaa tutkittiin ottamalla näytteitä eri tuoteajojen yhteydessä ja tunnustelemalla liimasauman pitävyyttä. Havaintoja tehtiin noin puolen vuoden jakson aikana tuoteajojen yhteydessä.

Ongelmana testejä tehdessä olivat liimaan liittyvät vaihtelut. Liimaukseen liittyvien ongelmien vuoksi etikettiin tulevan liiman määrää, liimatelan sekä liimapadan lämpötilaa asetettiin uudelleen useaan kertaan.

Transparent-etikettien liimasauman pitävyys tuntui olevan hieman heikompi kuin opaque-etiketeillä ja sen vuoksi tehtiin etiketöintikoneella, testi jossa liimattiin vastakkain kaksi koronoitua pintaa. Testi tehtiin useaan kertaan työn aikana ja tulokset vaihtelivat liiman käyttöasetusten mukaan. Liimamäärän ja lämpötilan ollessa alhaisemmalla tasolla kahden koronoidun pinnan liimaus oli pitävämpi. Liiman määrää ja lämpötilaa nostettaessa eroa näiden välillä ei ollut havaittavissa. Opaque-etiketeillä liimasauman pitävyys vaikuttaa paremmalta, mikä johtuu esimerkiksi materiaalien tiheyserosta. Transparent-kalvo on tiheämpää kuin opaque-kalvo, mikä vaikuttaa liiman kykyyn kostuttaa kalvo sen käsittelemättömällä pinnalla.

Tämän työn aikana liimauksen asetukset vakiintuivat siten, että liimasaumassa ei ollut eroja transparent- ja opaque-etikettien välillä. Tässä tilanteessa ei pintaenergian nostamisesta, esimerkiksi kaksipuolisesti käsitellyn kalvon avulla, ole juurikaan etuja.

4.4 Värien pysyvyys

Tuoteajon aikana oli havaittu eniten väriä irtoavan tuotteiden X ja Y etiketeistä. Pintaenergioista saadut tulokset ja havainnot käytiin läpi etiketit valmistavan yrityksen kanssa ja saatiin lisätietoa käytetyistä väreistä ja värien määrästä. Yrityksessä on käytössä in-line tyyppinen painokone, jossa on kahdeksan väriasemaa. Yksi asema on kuitenkin aina varattu lakkaa varten joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta. Etiketeissä on siis lähes poikkeuksetta päällimmäisenä pintana lakkerros.

Liitteissä 9 ja 10 on jokaiseen tuotteeseen käytetyt värit ja värien määrä sekä lakan käyttö. Tässä versiossa kyseisten liitteiden tiedot on poistettu salassapito syistä. Värien määrä on taulukossa merkitty peittoprosenttina eli jos värien määrä on 200 %, on siinä kaksi kerrosta väriä. Värien irtoamiseen liittyviin ongelmiin on jossain määrin pystytty vaikuttamaan jakamalla pohjaväri kahteen eri asemaan fleksopainossa. Taulukosta voidaan tarkastella eri värien määrien jakautumista painoprosessissa. Tuotteen X etiketistä irtoava pohjaväri voitaisiin painaa kahdessa eri asemassa kuten tuotteen etiketin musta pohjaväri.

Värien irtoamiseen liittyvät erot voivat riippua myös värien tyypistä. Käytettävä hartsit vaikuttaa värien ominaisuuksiin siten että jotkut hartsit tekevät väristä hauraan ja jotkut toiset taas pehmeän ja taipuisan. (Crouch 2005, 87). Tällöin värien rakenne saattaa joillain värilaadulla lohjeta leikkausprosessissa polymeeriketjun katketessa.

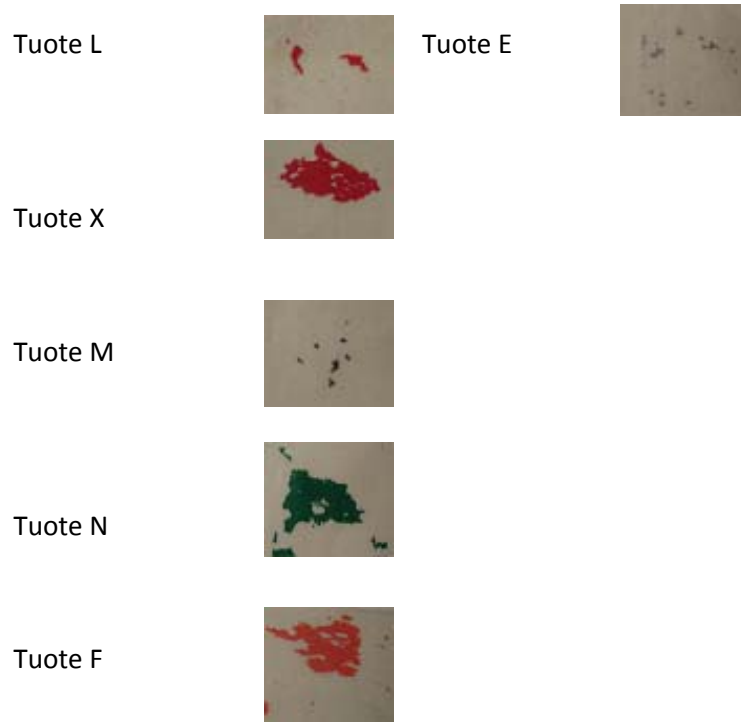
4.5 Värien pysyvyyden testaus

Värien pysyvyyttä voidaan testata yksinkertaisella teippitestillä. Etikettien toimitajalta saatiin koetta varten teippiä, jollaista käytetään painoprosessin jälkeen värien pysyvyyden mittaamiseksi. Teippi asetetaan kevyesti väripinnalle ja repäistään pois. Irrotettaessa tarkkaillaan lähtevän värin määrää sekä repeämiä. Huonoin mahdollinen tulos on, että väri lähtee kokonaan ja parhaassa tapauksessa väriä ei lähde lainkaan. Väriä saa irrota pieniä määriä ja testillä pyritään löytämään selkeitä poikkeavuuksia.

Teippitesti tehtiin muutamille transparent- ja opaque-etiketeille. Transparent-etiketeistä testattiin neljän eri etikettityyppien erät. Kyseisistä rullista väri lähti koko teipin matkalta ja myös repesi teipin vierestä sivuille. Opaque-etiketeistä samantlaisia tuloksia saatiin tuotteen Z etiketeillä (kuvio 14). Muilla testatuilla opaque-tyypeillä väriä irtosi jonkun verran tai ei juuri lainkaan. Kuviossa 15 on näytteitä muutamista teippitestien tuloksista.



KUVIO 14. Värien irtoaminen opaque-etiketistä

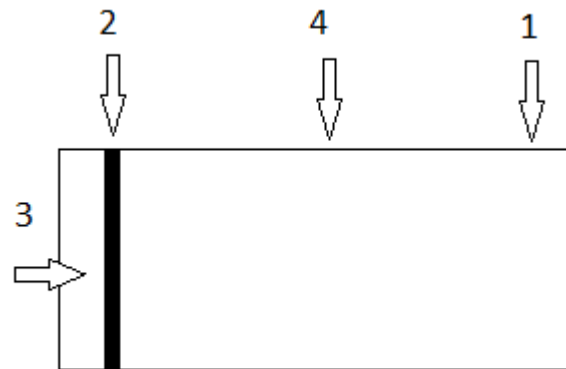


KUVIO 15. Väriin irtoaminen eri etikettityypeillä

4.6 Eri pintakäsittelyjen vaikutukset pintaenergiaan

Värien pysyvyyttä testattaessa otettiin pintaenergia-mittaukset kyseisten etikettien eri kohdista, jotta saataisiin käsitystä eri pintakäsittelyjen vaikutuksista pintaenergiaan. Opaque-etiketillä mittauksia otettiin etiketin koronoimattomalta pinnalta sekä valkoisen leikkausmerkin (kohta josta kone tunnistaa oikean leikkauskohdan) kohdalta, joka on kuviossa 16 kohdassa 2. Merkin kohta on lakaton, väritön ja käsittelemätön, joten näiden erotuksesta saadaan käsitys koronakäsittelyn vaikutukset pintaenergiaan. Lisäksi mitattiin värjätty lakaton kohta (nro3) ja värjätty lakattu kohta (nro 4) jolloin saadaan lakan vaikutus pintaenergiaan.

Kuviossa 17 on esitetty vastaavat mittauskohdat transparent-etiketistä. Kuvio 17 on poistettu salassapito syistä.



KUVIO 16. Periaatekuva etiketistä ja mittauskohdista (alkuperäinen kuva poistettu salassapito syistä)

Tulokset on esitetty taulukossa 4. Taulukkoon merkityistä tuotteista H, O, P ja Q ovat transparent-etikettejä ja muut ovat opaqueeja. Kohdan kaksi tuloksissa ovat koronoidun kalvon pintaenergioiden suuruudet ja niistä nähdään, että käsittelyllä on saatu nostettua kalvon pintaenergiaa alle 32:sta vähintään 36:een.

Värjätyin, lakatun pinnan pintaenergiat taas ovat keskimäärin paremmat kuin lakattoman kohdan eli liimauskohdan pintaenergiat. Lakka siis parantaa pintaenergiaa, mutta liimautuvuuden kannalta periaatteena on ollut pitää liimapinnan käsittelyt mahdollisimman vähäisinä. Kun etikettikalvon pinnalla on monia pintakäsittelyjä kuten esimerkiksi väri ja lakka, niin ongelmana on liiman tarttuminen väripintaan kalvopinnan sijaan. Tällöin värikerros saattaa lohjeta laattamaisesti irti kalvopinnasta. Jos liimautuvuutta kuitenkin analysoidaan pelkän pintaenergian avulla, niin liimautuvuus on lakan kanssa parempi.

TAULUKKO 4. Eri pintakäsittelyjen vaikutus pintaenergiaan

Tutkittava tuote	Pintaenergia mN/m			
	1.	2.	3.	4.
	Koronoimaton pinta	Koronoitu pinta	Värjätty lakaton pinta	Värjätty lakattu pinta
L	<32	36	36	36
X	<32	38	38	38
M	<32		36	38
N	<32	36-38	36	38
F	<32		36	38
E	<32		38	38
Z	<32		36	38
H	<32	36	36	36
O	<32	36	36	34
P	<32	36-38	36	36
Q	<32	36	36	36

5 STAATTINEN SÄHKÖ

Työhön liittyi staattisen sähkön esiintymisen tutkiminen. Staattista sähköä muodostuu etiketöintikoneella rullan aukikelautuessa sekä rullan liikkuesssa teloilla. Etikettien tulisi saapua varauksettomina, ja tätä varten etiketit painavassa yrityksessä on staattisen sähkön poistaja rullien leikkaus- ja uudelleenrullaus yksikössä. Työtä tehdessä päästiin mittamaan fleksopainoprosessissa syntyviä varauksia, jotka olivat yli mittarin asteikon (± 20 kV). Rullia säilytetään vakio-olosuhteissa varastossa, jonka lämpötila pidetään noin 25 asteessa ja kosteus 50 prosentissa. Etiketit tuodaan linjalle vasta ennen kyseisen ajon alkua ja ajon loputtua jäljelle jäävät rullat viedään takaisin etikettivarastoon. Työssä tarkkaillaan staattista sähköä varastossa, tuotannossa sekä seurantaerien avulla. Seurantaeriä seurattiin mittauksin siitä hetkestä lähtien kun ne saapuivat, varastoinnin aikana sekä ajon aikana.

Staattinen sähkö saattaisi vaikuttaa etiketin liikkuvuuteen koneella, mutta sähköisiä etikettirullia ei ole saatu paikannettua, eikä ole tietoa minkä suuruinen varaus olisi riittävä aiheuttaakseen ongelmia. KMP-linjoista 1,5 l:n ja 2 l:n pullojen täyttölinjalla on etiketöintikoneella staattisen sähkön poistaja.

5.1 Perustietoa staattisesta sähköstä

Tässä luvussa on esitetty perusteoriaa staattisesta sähköstä, jotta voitaisiin tulkita paremmin tuloksia. Staattiset varaukset pienenevät ajan myötä ja ajan pituus riippuu kyseisen materiaalin resistanssista. Muoveilla on yleisesti korkea resistiivisyys, minkä vuoksi ne kykenevät pitämään staattisia varauksia pitkiäkin aikoja. Staattinen sähkö mitataan yleensä volteissa, ja vaikkakin esimerkiksi 220 V vaihtovirtaa katsotaan olevan vaarallinen, on 100 kV tasoinen varaus staattisessa sähkössä hyvin tavallinen. (Meech International 2008.)

Materiaalissa olevan varauksen suuruuteen vaikuttaa kaksi asiaa: materiaalin kapasitanssi sekä materiaalissa oleva varaus. Suhdetta voidaan kuvata yhtälöllä $Q = CV$, jossa Q on sähkövaraus ja C kapasitanssi. Yhtälöstä voidaan nähdä, että mitä matalampi kapasitanssi arvo on, sitä suurempi on jännite. Muoveilla kapasitanssin arvo on tyypillisesti alhainen, joten pienillä varauksilla syntyy suuria jännitteitä. (Meech International 2008.)

Staattisen sähkön muodostumiseen ja pysyvyyteen vaikuttavat suurelta hankautuvien pintojen materiaali, ilmankosteus sekä lämpötilan vaihtelut. Mitä kuivempaa ilma on, sitä suurempi on varaus ja päinvastoin. Taulukossa 5 on tyypillisiä käytännön esimerkkejä sähköstaattisten varausten synnystä ja kosteuden vaikutuksesta sen suuruuteen. Ilmankosteuden nostaminen onkin hyvin tehokas keino staattisen varausten ehkäisykeino. Myös materiaalin jäähtyminen synnyttää siihen varauksia.

Taulukko 5. Tyypillisiä sähköstaattisia jännitteitä (Alajoki & Smolander 2001)

Jännitteen kehittymistapa	Jännite, V	Jännite, V
	RH 10...20 %	RH 65...90 %
Kävely maton yli	35 000	1 500
Kävely vinyylilattialla	12 000	250
Työskentely työtasolla	6 000	100
Vinyyliloteloiden käsittely	7 000	600
Polyeteenilaukun pakkaaminen	20 000	1 200
Työskentely polyuretaanipinnoitteisella tuolilla	18 000	1 500

5.2 Staattisen sähkön mittaukset

Staattiseen sähköön liittyvät tutkimukset aloitettiin varaston läpikäymisellä: jokaisesta rullasta mitattiin varaus. Staattista sähköä mitattiin SMC:n mittarilla (kuvio 18). Mittaria käytetään siten, että mittapää viedään noin viiden senttimetrin päähän kohteesta ja se ilmoittaa jännitteen suuruuden kilovolteina (kV). Mittarin skaala on ± 20 kV.



KUVIO 18. Mittari

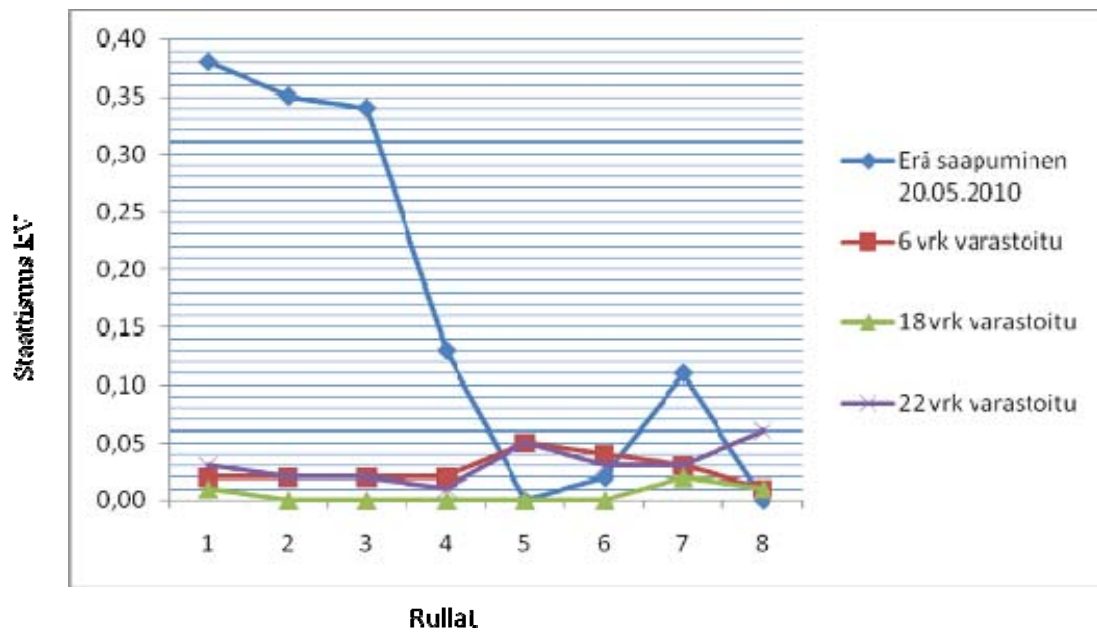
Jokainen rulla mitattiin eli mittaukset otettiin samoista tuotteista kuin pintaenergian mittauksetkin. Mittauksien yhteydessä seurattiin myös varaston kosteutta ja lämpötilaa. Varastossa tehdyn tutkimuksen tulokset on esitetty liitteissä 1,2,3, ja 4. Varaston tutkimisen aikana ei suuria varauksia esiintynyt. Korkein havaittu varauksen arvo oli 0,47 kV, ja tähänkin tulokseen vaikutti erän ympäriltä otetun pakkausmuovin irrotus ennen mittausta.

5.3 Seurantaerät

Staattisen sähkön esiintymistä kartoitettiin myös seurantaerien avulla. Valittiin kaksi seurantaerää, joiden mittaukset aloitettiin tuotteen saapuessa. Tarkoituksena oli seurata staattisen sähkön muutoksia varastoinnin ja ajon aikana. Mahdollisia konetoimivuusongelmia aiheuttavasta staattisuuden arvosta ei ollut myöskään vielä tutkimustietoa. Ajon aikana tapahtuvia mittauksia pyrittiin ottamaan mahdollisuuksien mukaan ajoajankohdasta riippuen.

5.3.1 Seurantaerä 1

Ensimmäinen seurantaerä oli tuotteen W etikettierä, jossa oli saapuessaan 19 rullaa. Jokaisesta rullasta tehtiin mittaus sekä kirjattiin ilmankosteuden ja lämpötilan arvot. Saapumisajankohtana arvot vaihtelivat 0,00 kV:n ja 0,38 kV:n lämpötilan ollessa 42,1 °C ja kosteuden ollessa 25,9 %. Samasta erästä otettiin 22 vuorokauden seurantajakson aikana vielä kolme varastomittausta. Kuviossa 19 on kahdeksan rullan otanta, josta voidaan nähdä staattisen sähkön kehitys jokaisen rullan kohdalla neljän eri mittauskerran aikana. Seurantajakson aikana etiketeistä käytettiin kymmenen rullaa ja liitteessä 7 voidaan nähdä tarkemmat tiedot koko seurantaerän mittaustiedoista.



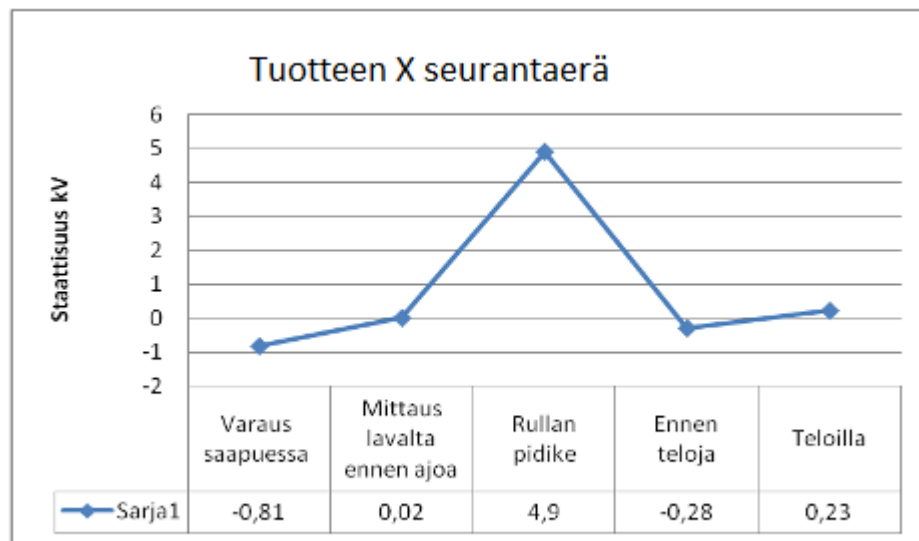
KUVIO 19. Staattisen sähkön kehitys 22:n vuorokauden aikana

Kaaviosta 1 voidaan havaita, että varastoinnin aikana varaukset laskevat nolnaan eivätkä alkujaankaan olleet merkittäviä. Erän saapuessa arvot olivat hieman korkeammalla erän pakkausmuovin poiston vuoksi.

5.3.2 Seurantaerä 2

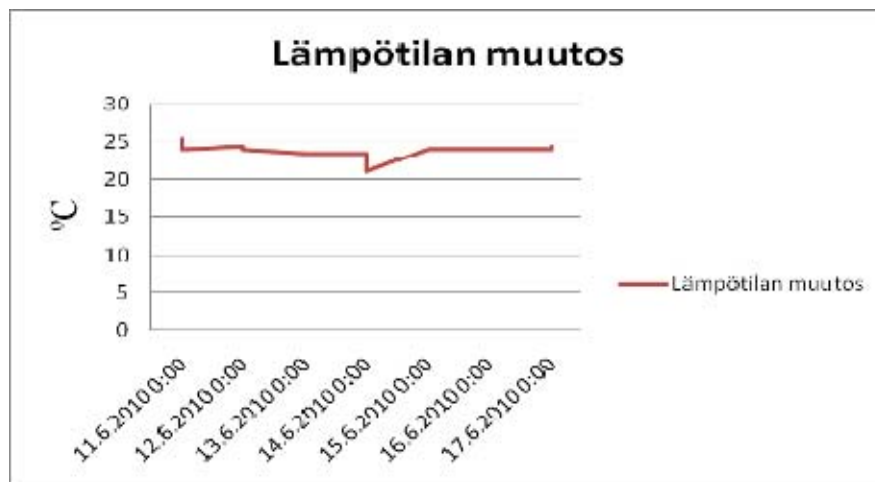
Toinen seurantaerä oli erä tuotteen X etikettejä. Ensimmäiset mittaukset erästä otettiin erän saapuessa ja seuraavat mittaukset tuoteajon aikana kolmen vuorokauden kuluttua. Tuoteajon ajankohdasta johtuen mittauksia on koneelta saatu vain yhden rullan osalta (liite 8).

Kuviossa 20 on esitetty staattisen sähkön kehitys yhden rullan osalta saapumis- päivästä ajoajankohtaan. Kyseisen rullan osalta tuoteajoa on edeltänyt neljän päivän varastointi ja tuotantohallin olosuhteet ajon aikana olivat kosteuden ja lämpötilan osalta samankaltaiset kuin varastoinnin aikana. Rullat olivat varauksettomia ennen koneelle laittoa, ja rullan pyöriessä syntynyt jännite laski ennen etiketin leikkausprosessia.

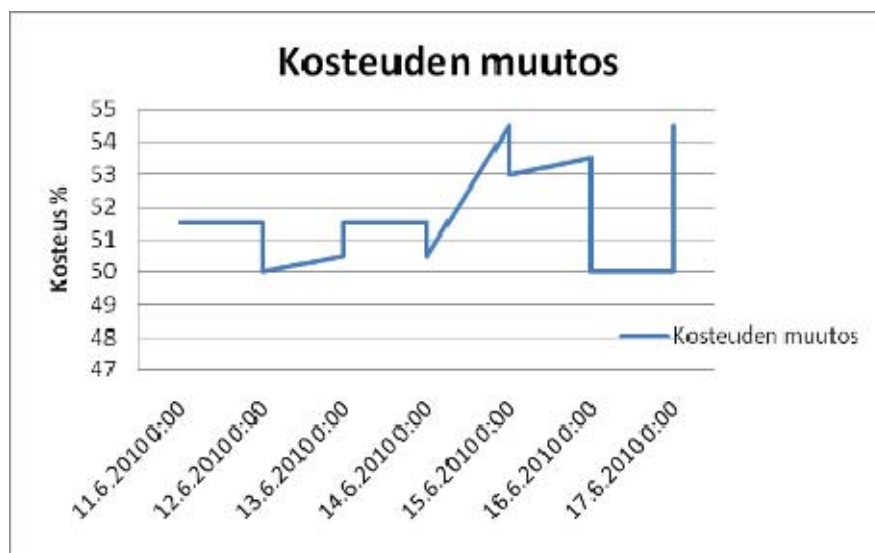


KUVIO 20. Staattisuuden vaihtelut yhden rullan osalta
Mittausajankohtana kosteus 48,5 ja lämpötila 21,3 °C

Aloituspittauksia tehdessä tuotelavaan asetettiin mittari, joka mittasi lämpötilaa ja kosteutta kaksi kertaa vuorokaudessa. Seuraavissa kuvioissa ovat mittarin tiedot erän saapumisesta tuoteajoon sekä varastointiin. Tiedoista voi havaita, että olosuhteet ovat mittausjakson aikana olleet hyvät staattisen sähkön ehkäisyn kannalta sekä varastossa että tuotantotiloissa, kosteusprosentin ollessa koko ajan 50 %:n yläpuolella.



KUVIO 21. Lämpötilan vaihtelut seurannan aikana



KUVIO 22. Kosteuden vaihtelut seurannan aikana

Taulukossa 6 on esitetty mittarin tiedoista poimitut tarkat arvot ja mittauksien ajankohdat.

TAULUKKO 6. Kosteus-lämpötilamittarin tiedot

Mittauksen ajankohta	Lämpötila (°C)	Ilmankosteus (%)
11.6.2010 17:02	24	51,5
12.6.2010 5:02	24,5	51,5
12.6.2010 17:02	24	50
13.6.2010 5:02	23,5	50,5
13.6.2010 17:02	23,5	51,5
14.6.2010 5:02	23,5	51,5
14.6.2010 17:02	21	50,5
15.6.2010 5:02	24	54,5
15.6.2010 17:02	24	53
16.6.2010 5:02	24	53,5
16.6.2010 17:02	24	50
17.6.2010 5:02	24	50
17.6.2010 17:02	24,5	54,5

5.4 Sähköinen testierä

Etikettien toimittajalta tilattiin pieni erä sähköisiä rullia, jotta voitaisiin tehdä havaintoja staattisen sähköön vaikutuksista tuoteajon aikana. Fleksopainoprosessissa aiheutuvat varaukset poistetaan rullien leikkausvaiheessa ja sähköisen testierän kohdalla on staattisen sähköön poistavat laitteet olleet pois päältä. Rullia ei viety etikettivarastoon, jolloin varaston olosuhteet eivät päässeet vaikuttamaan varauksiin.

Rullat mitattiin saapumishetkellä, ja taulukossa 7 on aloitusmittausten arvot. Rullissa ei ollut saapuessaan mainittavia varauksia, vaan arvot olivat suuruudeltaan samaa luokkaa kuin muovien poiston yhteydessä tehdyt mittaukset aiemmissä kokeissa.

TAULUKKO 7. Mittaukset rullien saapuessa

Rullan nro.	jännite kV
1	-0,68
2	0,05
3	0,03
4	0,15
5	0,13
6	0,12

Vaikka rullissa ei ollutkaan toivottuja staattisia varauksia, niin niistä otettiin tuoteajon aikana muutamia mittauksia mahdollisten poikkeavuuksien varalta. Rullat ajettiin 21:n vuorokauden kuluttua saapumisesta eikä niitä tänä aikana varastoitunut vakio-olosuhteissa. Ennen ajoa rullat olivat varauksettomia: arvot olivat 0,00-0,03 kV.

Mittauksia tehtiin rullien pyöriessä kuvion 23 osoittamista kolmesta kohdasta. Kuvio 23 on poistettu salassapito syistä. Mittausajankohtana ilmankosteus oli 32,5 % ja lämpötila 19,4 °C. Korkeimmat jännitteet mitattiin rullasta sen pyöriessä pidikkeellä, joka näkyy kuvassa kohdassa 1.

Mittauksia tehdessä havaittiin, että varausten arvot vaihtelivat niin laajalti, että yksittäiset mittaukset eivät olisi antaneet oikeaa kuvaa jännitteistä. Tämän vuoksi tarkasteltiin arvojen vaihtelua, jotka liikkuivat rullan pidikkeellä (nro 1) 1 kV:n ja 13 kV:n välillä. Ennen teloja (nro 2) jännitteet olivat 0-1 kV ja teloilla (nro 3) 0-4 kV. Vertailun vuoksi staattista sähköä tarkkailtiin myös rullasta, joka oli normaalisti varastoitu, eikä erien välillä ollut havaittavissa eroja. Ongelmia ei tuoteajon aikana ilmennyt. Seurannan perusteella voidaan sanoa, että lähtökohdiltaan varauksettomat rullat eivät aiheuta ongelmia tuoteajossa ja suurimmat jännitteet purkautuvat ennen ongelmakohtia.

6 YHTEENVETO

Liimasaumaa tutkittaessa nousevat liiman käytön asetusarvot tärkeämmäksi elementiksi kuin pintaenergian suuruudet. Vaikka pintaenergiat ovat hieman alhaisemmat kuin olisi suotavaa, niin liimasauman pitävyyteen vaikuttaa enemmän liiman koostumus, tärkeimpänä ominaisuutena liiman lämpötila. Työn aikana on liiman lämpötilan noston havaittu tekevän liimasta sitkeämpää ja pitävämpää. Transparent- ja opaque-kalvojen välinen aiemmin havaittu ero on myös tasoittunut liiman säätöjen myötä. Liiman käyttömäärä on noussut liiman lämpötilan noston myötä ja vaikuttaa työskentelyyn koneella liiman höyrystyessä koneen pinnoille ja käyttöympäristöön. Liimasauman pitävyyttä voisi tarkastella etiketin pintaenergioiden kannalta uudelleen, mikäli se liiman käytön asetusarvojen muutoksien myötä tulee tarpeelliseksi.

Tämän työn perusteella staattinen sähkö ei aiheuta ongelmia etiketin liikkuvuudessa koneella ainakaan, jos kyseessä ovat lähtökohdiltaan varauksettomat rullat. Tätä työtä tehdessä tuotannon olosuhteet tosin ovat olleet suotuisat staattisen sähkön synnyn ehkäisyn kannalta. Sähköisen testierän osalta ei tämän työn puitteissa selvinnyt, mitkä olivat lähtökohdat erän lähtiessä etiketin toimittajalta. Jatkossa tutkimusta voisi jatkaa tilaamalla uusi sähköinen testierä, josta otettaisiin lähtöarvot ennen saapumista. Näin päästäisiin selville siitä, häviävätkö suuretkin jännitteet itsestään ennen saapumista Sinebrychoffille. Testiajoja kannattaisi suorittaa olosuhteiden ollessa tuotantotiloissa huonoimmillaan.

Värien pysyvyyteen liittyviä seikkoja voisi tutkia käymällä varastoa laajemmin läpi kirjaten valmistuspäivämääriä ja varastointiaikoja. Näin saataisiin viitteitä siitä, liittyykö värin irtoaminen värien kovettumiseen tai varaston olosuhteisiin. Seurantaerien avulla voitaisiin tehdä havaintoja huonon erän värin irtoamisen muutoksista varastoinnin aikana. Koko väripinnan irtoamisella saattaisi olla myös vaikutuksia lopputuotteen liimapinnan pysyvyyden kannalta. Näin ollen värien pysyvyyttä tulisi tutkia myös lakattomalta kohdalta. Toisena tutkittavana ominaisuutena voisivat olla etikettikalvot ja niiden varastointi ennen painoa. Koronakäsittelyn laskiessa varastoinnin myötä saattaa painoprosessissa tehty koronointi olla riittämätön nostamaan pintaenergiaa tarvittavalle tasolle. Tulevaisuuden näkymänä voisivat olla laminoidut monikerroskalvot, joissa painoväri on päällimmäisen kalvokerroksen alla. Tällöin päästäisiin eroon värinpintoihin liittyvistä ongelmista.

LÄHTEET

- (Muoke 2010) Muovimuotoilu. 2010. Ekstruusio eli suulakepuristus.
[Viitattu 22.11.2010] Saatavissa:
<http://www.muovimuotoilu.fi/content/view/50/83/>
- (Treofan 2010) Treofan Group. 2010. Kalvon valmistajan tuoteseloste.
[Viitattu 31.8.2010]
Saatavissa:
- (Treofan 2010a) <http://www.treofan.com/fileadmin/templates/productsout/pdfs/LWD.pdf>
- (Treofan 2010b) <http://www.treofan.com/fileadmin/templates/productsout/pdfs/LTD.pdf>
- (Treofan 2010c) <http://www.treofan.com/fileadmin/templates/productsout/pdfs/LWD.pdf>
- (Treofan 2010d) <http://www.treofan.com/fileadmin/templates/productsout/pdfs/LTD.pdf>
- (Meech International 2008) Meech international. 2008. Static Electricity Causes and Cures.
[Viitattu 15.11.2010]
Saatavissa:
<http://www.meech.com/resources/417/Static%20Electricity%20Causes%20and%20Cures%20Booklet.pdf>
- (Pipes, 2005) Pipes, A. 2005. Production for Graphic Designers. 4. painos. London. Laurence King Publishing Ltd.

- (Alajoki, Smolander 2001) Alajoki & Smolander. 2001. ESD (Elektroniikkalaitteiden suunnittelu). [Vitattu 22.11.2010] Saatavissa: <http://www.tkk.fi/Yksikot/Elektroniikka/Kurssit/171/Materiaali-2001/ESD.pdf>
- (Nentwig 2006) Nentwig, J. 2006. Kunststoff-Folien, 2006. Carl Hanser Verlag München Wien
- (Tremblay 2010) Scott Tremblay. 2010. The Loctite Corporation Advances in Hot Melt Technology Yield High Performance Structural Adhesives [Viitattu 15.11.2010] Saatavissa: http://www.henkelna.com/us/content_data/101492_M_D_Nov._Appliance_Suppl..pdf
- (Oy Sinebrychoff ab 2009) Sinebrychoffin sivusto [Viitattu 15.12.2010] Saatavissa:
- (Oy Sinebrychoff Ab 2009a) http://www.sinebrychoff.fi/page.php?page_id=66
- (Oy Sinebrychoff Ab 2009b) http://www.sinebrychoff.fi/page.php?page_id=75
- (Oy Sinebrychoff Ab 2009c) http://www.sinebrychoff.fi/page.php?page_id=555
- (Oy Sinebrychoff Ab 2009d) http://www.sinebrychoff.fi/page.php?page_id=156
- (SFF-yhtiöesittely 2010) Oy Sinebrychoff Ab. Yhtiöesittely 2010. [Viitattu 13.12.2010]

- (PALPA 2009a) PALPA, Suomen Palautuspakkaus Oy.
Kierrätysmuovipullojen kierrätysjärjestelmä. 2009.
[Viitattu 15.12.2010] Saatavissa:
<http://www.palpa.fi/juomateollisuus/jt-kmp-kierratysj%C3%A4rjestelm%C3%A4/toimintaperiaate>
- (PALPA 2007b) Kierrätysmuovipullojen spesifikaatiot. 2007.
[Viitattu 16.12.2010] Saatavissa:
http://www.palpa.fi/verkkoesitteet/pet_spezifikaatio/flash.html#/1/

LIITTEET

LIITE 1.

Opaque-kalvon tuotekuvaus

LIITE 2.

Transparent-kalvon tuotekuvaus

LIITE 3.

Pintaenergioiden mittausten keskiarvot sekä
staattisuuden arvot osa 1.1 (liite poistettu salassapito syistä)

LIITE 4.

Pintaenergioiden mittausten keskiarvot sekä
staattisuuden arvot osa 1.2 (liite poistettu salassapito syistä)

LIITE 5.

Pintaenergioiden mittausten keskiarvot sekä
staattisuuden arvot osa 2.1 (liite poistettu salassapito syistä)

LIITE 6.

Pintaenergian mittausten keskiarvot sekä
staattisuuden arvot 2.2 (liite poistettu salassapito syistä)

LIITE 7.

Seuranterän 1 mittaustulokset

LIITE 8.

Seurantaerän 2 mittaustulokset

LIITE 9.

Eri etikettityyppien värien määrät ja jakaumat
Pintaenergioiden sekä staattisen sähkön mittaustulokset
(liite poistettu salassapito syistä)

LIITE 10.

Eri etikettityyppien värien määrät ja jakaumat
Pintaenergioiden sekä staattisen sähkön mittaustulokset
(liite poistettu salassapito syistä)

DESCRIPTION

Treofan label film LWD is a white, opaque OPP film, specifically developed for label applications where enhanced tensile strength and rigidity are required. LWD is a high-gloss film with excellent web flatness and a slip-modified, untreated surface for good convertability on labelling machines. It is treated on one side.

PRODUCT FEATURES

Optical characteristics:

- White
- High gloss on printing side

Special characteristics:

- Printable, gluable
- Good anti-static properties
- Good machinability
- High yield due to low density
- Consistently low coefficient of friction

Printing:

- Gravure
- Flexographic
- Roto-offset inline corona treatment is recommended for roto-offset and UV-flexo

Applications:

- Wrap-around labels, reel-fed

TECHNICAL DATA (typical values)

Properties	LWD 38	Unit	Measuring method
Nominal Thickness	38	µm	ISO 4591
Density	0.62	g/cm ³	-
Unit weight	23.5	g/m ²	ISO 4591
Average yield	42.4	m ² /kg	ISO 4591
Breaking load			
- machine direction	45	N/15mm	DIN EN ISO 527-1/-3
- transverse direction	85	N/15mm	DIN EN ISO 527-1/-3
Elongation at break			
- machine direction	120	%	DIN EN ISO 527-1/-3
- transverse direction	30	%	DIN EN ISO 527-1/-3
Wettability	>= 36	mN/m	ISO 8296
Coefficient of friction			
- (untreated side)	0.3	-	ISO 8295
Gloss			
- at 20° (treated side)	65	Gloss unit	DIN ISO 2813
Opacity	82	%	DIN 53146
Whiteness (Berger)	83	%	DIN 5033

DESCRIPTION

Treofan label film LTD is an OPP film, specifically developed for the wrap-around label market. LTD is a highly transparent film with an excellent web flatness. The film is available with one side treated.

PRODUCT FEATURES

Optical characteristics:

- Highly transparent

Special characteristics:

- Printable, Gluable
- Good anti-static properties
- Good web flatness
- Good machinability
- Consistently low coefficient of friction

Printing:

- Gravure, Flexographic

Lamination: (e.g. with Treofan NND)

- Increase in stiffness
- Creation of a high-gloss or matt surface
- Protection of the printed image

Applications:

- Wrap-around labels

TECHNICAL DATA (typical values)

Properties	LTD 30	LTD 35	LTD 40	Unit	Measuring method
Nominal Thickness	30	35	40	µm	ISO 4591
Nominal Thickness	120	140	160	Gauge	ISO 4591
Density	0.91	0.91	0.91	g/cm ³	-
Unit weight	27.3	31.8	36.4	g/m ²	ISO 4591
Average yield	36.6	31.4	27.5	m ² /kg	ISO 4591
Average yield	25.800	22.100	19.400	in ² /lb	ISO 4591
Tensile strength					
- machine direction	130	130	130	N/mm ²	DIN ISO 527
- transverse direction	300	300	300	N/mm ²	DIN ISO 527
Elongation at break					
- machine direction	180	180	180	%	DIN ISO 527
- transverse direction	50	50	50	%	DIN ISO 527
Elongation at break					
- machine direction	180	180	180	%	DIN ISO 527
- transverse direction	50	50	50	%	DIN ISO 527
Coefficient of friction					
- ISO 8295	0.3	0.3	0.3	-	DIN ISO 8295
Surface tension	36-39	36-39	36-39	mN/m	DIN ISO 8296

LIITE 7

Seuranterän 1 mittaustulokset

Tuotteen W seurantaerä									
	1. Mittaus sisällä laitunin edessä 20.5.2010		2. Mittaus: etikettivarasto 25.5.2010		3. Mittaus: etikettivarasto 11.6.2010		4. Mittaus: etikettivarasto 15.6.2010		
	Lämpötila: 24,1°C		Lämpötila: 25,0°C		Lämpötila: 24,7°C		Lämpötila: 24,7°C		
	Kosteus: 25,9%		Kosteus: 44,5%		Kosteus: 47,8%		Kosteus: 48,9%		
Rullan nro.	Staatisuus KV		Staatisuus KV		Staatisuus KV		Staatisuus KV		
1	0,24		0,02		0,01		0,03		
2	0,08		0,04		0,00		0,02		
3	0,18		0,03		0,00		0,02		
4	0,14		0,02						
5	0,06		0,03						
6	0,17		0,02						
7	0,38		0,02		0,01		0,03		
8	0,35		0,02		0,00		0,02		
9	0,34		0,02		0,00		0,02		
10	0,13		0,02		0,00		0,01		
11	0,05		0,03						
12	0,14		0,03						
13	0,18		0,03						
14	0,18		0,08						
15	0,13		0,06						
16	0,00		0,05		0,00		0,05		
17	0,02		0,04		0,00		0,03		
18	0,11		0,03		0,02		0,03		
19	0,00		0,01		0,01		0,06		

