



POLYESTERILOIMINEULOSTEN TULOS- TUSESIKÄSITTELY JA PALO-OMINAISUUDET

Katri Sandberg

Opinnäytetyö
Lokakuu 2011
Tekstiili- ja vaatetustekniikan
koulutusohjelma
Tampereen ammattikorkeakoulu
Työn ohjaaja DI Juha Heinola
Työn tilaaja Printscorpio Oy

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tekstiili- ja vaatetustekniikan koulutusohjelma

SANDBERG, KATRI: Polyesteriloimineulosten tulostusesikäsitteily ja palo-
ominaisuudet

Opinnäytetyö 61 s., liitteet 15 s.
Lokakuu 2011

Tämän työn toimeksiantajana oli Printscorpio Oy. Työn tarkoituksena oli löytää tekni-
sesti ja taloudellisesti optimaaliset esikäsitteilymenetelmät kahdelle 100 % polyesteri-
loimineulokselle, joita Printscorpio Oy käyttää tuotannossaan digitaalisen mus-
tesuihkutulostuksen tulostuspohjina. Lisäksi tässä työssä tutkittiin eri tavoin käsiteltyjen
neulosten palo-ominaisuuksia. Työn raportissa käsitellään digitaaliseen mustesuihku-
tulostamiseen, tulostuspohjien esikäsitteilyyn, palo-ominaisuuksiin ja julkisissa tiloissa
käytettävien somisteiden paloturvallisuusvaatimuksiin liittyviä asioita.

Sopivia esikäsitteilymenetelmiä etsittiin tekemällä valituille tulostuspohjille esikäsit-
telykokeita laboratoriomittakaavassa. Näissä kokeissa varioitiin esikäsitteilyaineen mää-
rää esikäsitteilyreseptissä. Työn edetessä Printscorpio Oy:ssä suoritettiin myös tuotanto-
mittakaavan esikäsitteilykokeita, joissa esikäsitteilyreseptiä varioitiin myös muiden ke-
mikaalien kuin varsinaisen esikäsitteilyaineen osalta. Kaikki esikäsitellyt näytteet tulos-
tettiin ja jälkikäsiteltiin Printscorpio Oy:n tuotantotiloissa normaalien tuotanto-
menetelmien mukaisesti. Vertailukohteiksi tulostettiin myös näytteet käsittelemättö-
mistä neuloksista sekä neuloksista, jotka oli ostettu valmiiksi esikäsiteltyinä. Tuloste-
tuista näytteistä tutkittiin värien kirkkautta ja värien läpimenoa värinmittauslaitteiston
avulla sekä arvioitiin visuaalisesti värien leviämistä. Itse tehtävän esikäsitteilyn kus-
tannuksia verrattiin valmiiksi esikäsiteltyjen neulosten hintaan. Palo-ominaisuuksia tes-
tattiin kahden eri standardin mukaisesti kahdella erilaisella palonkeston testauslaitteella.

Täysin optimaalisia esikäsitteilymenetelmiä ei onnistuttu löytämään, mutta menetelmiä
onnistuttiin kuitenkin kehittämään sellaisiksi, että neulosten ominaisuudet ja tulostuksen
laatu olivat hyvin pitkälti verrattavissa valmiiksi esikäsiteltyihin neuloksiin. Värinmit-
taustulosten perusteella voidaan todeta, että esikäsitteilyaineen määrällä ei juuri ole vai-
kutusta mittaustuloksiin. Näin ollen voidaan olettaa, että halutut ominaisuudet voitaisiin
saada aikaan jo pienilläkin määrillä esikäsitteilyainetta. Kustannusvertailun perusteella
voidaan todeta, että melko pienilläkin erillä itse tehty esikäsitteily tulee halvemmaksi
kuin valmiiksi esikäsiteltyjen neulosten ostaminen. Palotestauksissa ei saatu eri näyttei-
den välille merkittäviä eroja. Näin ollen yrityksessä on syytä pohtia, onko palosuojattu-
jen materiaalien käyttö järkevää ja taloudellisesti kannattavaa.

Asiasanat: Digitaalinen mustesuihkutulostus, esikäsitteily, palo-ominaisuudet.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Textile and Clothing Technology

SANDBERG, KATRI: The Pre-treatment and Fire Behaviour of Digitally Printed Polyester Warp Knits.

Bachelor's thesis 61 pages, appendices 15 pages
October 2011

This thesis was commissioned by Printscorpio Oy. The purpose of this thesis was to find technically and economically optimal pre-treatment methods for two polyester warp knits which are used as substrates for digital printing. In addition, the fire behaviour of the warp knits with different treatments was studied too. The theoretical section of this thesis deals with digital printing, pre-treatment of the substrates, fire behaviour and the fire safety requirements of the textile products used in public places.

The search for the optimal pre-treatment methods was carried out by making experiments in laboratory. The substrates were pre-treated with different amounts of the pre-treatment chemical. Experiments were also made in production scale by Printscorpio Oy. In these experiments the amount of the pre-treatment chemical and also the amount of other chemicals included in the pre-treatment recipe were varied. All the pre-treated substrate samples were digitally printed and finished by Printscorpio Oy according to normal production methods. Samples of non-pre-treated substrates and substrates that were pre-treated by the fabric supplier were also printed for comparison. The substrate samples were examined with colorimetric instrument and visually. Attention was paid to the brightness and the passing through of the colours and to the bleeding and the sharpness. The costs of the pre-treatment were compared with the price of the fabrics pre-treated by the fabric supplier. The fire behaviour of the warp knits was examined according to two different testing standards.

Though perfectly optimal pre-treatment methods were not found the results show that the properties of the pre-treated warp knits and the printing quality stand comparison with the fabrics pre-treated by the fabric supplier. The colour measurement illustrated that the amount of the pre-treatment chemical does not have significant effect on the measurement results. Presumably the desired properties of the substrates can be achieved even with small amounts of the pre-treatment chemical. The cost comparison shows that pre-treating of the substrates is cost-effective even in a quite small scale. In the testing of the fire behaviour no significant differences between the materials were found. Consequently it should be considered whether the use of flame proof finished materials is reasonable and economical or not.

Key words: Digital printing, pre-treatment, fire behaviour.

ALKUSANAT

Haluan kiittää Printscorpio Oy:tä mahdollisuudesta opinnäytetyön tekemiseen ja erityisesti toimitusjohtaja Tommi Helmistä ohjauksesta ja opastuksesta.

Kiitän työni ohjaaja Juha Heinolaa erinomaisesti yhteistyöstä, hyvistä neuvoista ja kannustuksesta työn eri vaiheissa.

Kiitoksen ansaitsevat myös Tampereen ammattikorkeakoulun tekstiililaboratorion henkilökunta sekä paperilaboratorion laboratoriomestari Tiina Kolari-Vuorio. Tampereen teknillisen yliopiston Marja Rissanen oli myös suureksi avuksi.

Haluan kiittää myös Anteroa sekä vanhempiani ja siskojani, jotka kannustivat minua työtä tehdessäni.

Tampereella 18.10.2011

Katri Sandberg

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT	4
SISÄLTÖ	5
1 JOHDANTO	6
2 PRINTSCORPIO OY	7
3 TEKSTIINIEN DIGITAALINEN MUSTESUIHKUTULOSTAMINEN	8
3.1 Taustaa	8
3.2 Mustesuihkutulostuksessa käytetyt menetelmät	9
3.3 Mustesuihkutulostuksessa käytetyt tulostusvärit	10
3.4 Tulostuspohjat	12
3.5 Digitaalisten mustesuihkutulostimien toiminta ja ominaisuudet	13
4 TULOSTUSPOHJIEN ESIKÄSITTELY	15
4.1 Yleisesti	15
4.2 Tavoitteet	16
4.3 Eri tekstiilimateriaalien ja värien vaatimat esikäsittelyt	17
5 PALO-OMINAISUUDET JA PALOSUOJAUS	19
5.1 Palo-ominaisuudet	19
5.2 Palosuojaus	21
5.2.1 Pysyvä palosuojaus	22
5.2.2 Ei-pysyvä palosuojaus	22
5.3 Palosuoja-vaatimukset julkisten tilojen tekstiileille	23
6 ESIKÄSITTELYJEN SUORITUS	27
6.1 Tulostuspohjat	27
6.2 Kemikaalit ja reseptit	27
6.3 Ensimmäinen näytesarja	28
6.4 Toinen näytesarja	30
6.5 Tuotantomittakaavan kokeilut Printscorpiolla	32
7 TULOSTAMINEN JA JÄLKIKÄSITTELYT	34
7.1 Tulostaminen	34
7.1.1 Ensimmäinen näytesarja	34
7.1.2 Muut näytteet	35
7.2 Värien kiinnitys raamissa, pesu ja kuivaus	35
8 VÄRINMITTAUS JA LEVIÄMISEN TARKASTELO	36
9 ESIKÄSITTELYKOKOJEIDEN TULOKSET	39
9.1 Värinmittaus	39
9.2 Leviämisen ja sävyerojen tarkastelu	44
10 PALO-OMINAISUUKSIEN TESTAUS	45
10.1 Standardin SFS 5464 mukaan tehty testaus	46
10.2 Standardin SFS-EN ISO 6940 mukaan tehty testaus	48
10.3 Palotestien tulokset	49
11 KUSTANNUSVERTAILU	52
12 YHTEENVETO	55
LÄHTEET	59
LIITTEET	61

1 JOHDANTO

Tämä työ tehtiin yhteistyössä Printscorpio Oy:n kanssa. Yritys käyttää tuotannossaan digitaalista mustesuihkutulostusta, jota varten tekstiilimateriaalia olevat tulostuspohjat on esikäsiteltävä. Aiemmin yritys on ostanut tulostuspohjat valmiiksi esikäsiteltyinä, mutta investoituaan omaan fulardiin, yritys halusi ryhtyä tekemään esikäsitteilyä itse. Tämä työ on osa prosessia, jossa yritys siirtyi käsittelemään suuren osan tulostuspohjista itse.

Työn tarkoituksena oli löytää teknisesti ja taloudellisesti optimaaliset esikäsitteilymenetelmät kahdelle yrityksen käyttämälle 100 % polyesteriloimineulokselle. Tämän pääta-voitteen ohessa tutkittiin valittujen neulosten palo-ominaisuuksia raakaneuloksena, valmistajan esikäsittelemänä ja palosuojaamana sekä Printscorpion itse esikäsittelemänä ja palosuojaamana.

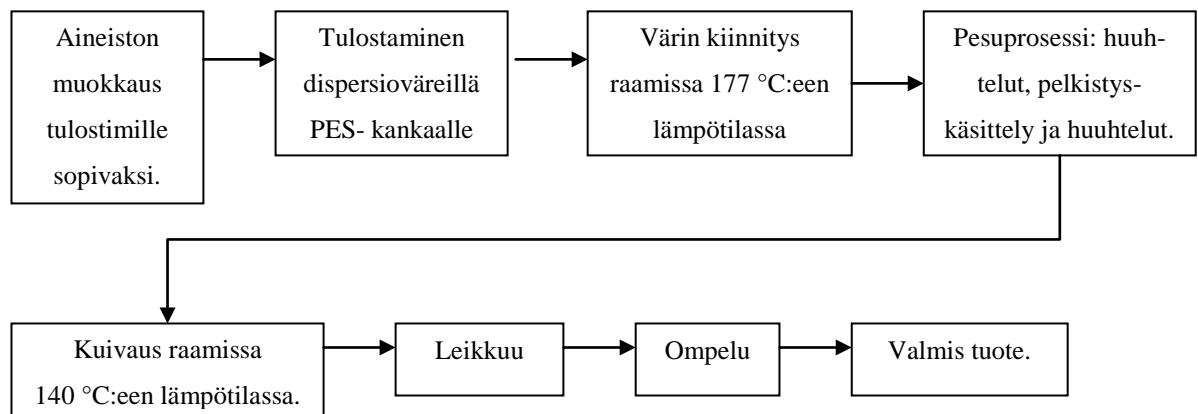
Esikäsitteilymenetelmiä lähdettiin testaamaan laboratoriomittakaavassa tehdyillä esikäsitteilykokeille. Esikäsitteilyjä tehtiin Tampereen teknillisen yliopiston tekstiililaboratoriossa sekä Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratoriossa. Tulostus ja tulosteiden vaatimat jälkikäsitteilyt suoritettiin Printscorpio Oy:n tuotantotiloissa. Työn edetessä Printscorpio suoritti esikäsitteilykokeita myös tuotantomittakaavassa. Näytteitä tutkittiin ja vertailtiin värinmittauksella ja tarkastelemalla visuaalisesti värien kirkkautta ja leviämistä. Palotestaukset suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoulun tekstiililaboratoriossa.

Työn teoriaosuudessa käsitellään digitaalista mustesuihkutulostusta, muun muassa siinä käytettäviä menetelmiä, tulostuspohjia ja tulostusvärejä; tulostuspohjien esikäsitteilyä sekä palo-ominaisuuksia ja palosuoja vaatimuksia tuotteille, joita valmistetaan työssä käytetystä tekstiilimateriaaleista. Digitaalisesta mustesuihkutulostuksesta sekä palo-ominaisuuksista lähdemateriaalia on tarjolla runsaasti. Hankalampaa oli löytää tietoa tulostuspohjien esikäsitteilystä, sillä aihetta käsitellään lähdemateriaaleissa usein joko lähinnä maininnan tasolla tai toisena ääripäänä niin tieteelliseltä kannalta, että ymmärtämiseen tarvittaisiin varsin kattavaa kemian osaamista. Palosuoja-vaatimusten selvittäminen osoittautui myös haastavaksi osioksi.

2 PRINTSCORPIO OY

Printscorpio Oy on Pälkäneellä, Aitoon kylässä toimiva lipputehdas ja tekstiilipaino. Yritys on perustettu vuonna 1984. Yritys valmistaa sisä- ja ulkokäyttöön tarkoitettuja näkyvyystuotteita, kuten mainoslippuja, banderolleja, myymäläsomisteita ja mainostelineitä, sekä muun muassa t-paitoja, huiveja, pyyhkeitä, kangaskasseja sekä metritavara-painatuksia. Tuotteet valmistetaan silkki- ja digitaalipainomenetelmillä. (Printscorpio Oy – Etusivu.)

Digitaalisesti mustesuihkutulostettavien tuotteiden painoprosessi on esitetty kuviossa 1. Tulostettava aineisto syötetään tulostimille digitaalisessa muodossa. Jos asiakkaan toimittama aineisto ei ole valmiiksi digitaalisessa muodossa, se muokataan tulostimille sopivaksi. Tulostamisessa käytetään dispersiovärejä ja tulostuspohjina 100 % polyesterialoimineuloksia. Tulostamisen jälkeen tulosteiden värit kiinnitetään raamissa 177 °C:een lämpötilassa. Tämän jälkeen tulosteet huuhdellaan ja pelkistyskäsitellään, huuhdellaan ja kuivataan raamissa 140 °C:een lämpötilassa. Tämän jälkeen tulosteet ovat valmiina leikkuuta ja ompelua varten.



Kuvio 1. Digitaalisen mustesuihkutulostuksen prosessi.

3 TEKSTIIEN DIGITAALINEN MUSTESUIHKUTULOSTAMINEN

3.1 Taustaa

Mustesuihkutulostuksella tarkoitetaan prosessia, jossa haluttu kuvio muodostetaan am-
pumalla tulostettavalle pinnalle erivärisiä pieniä mustepisaroi-
ta ennalta määrättyihin kohtiin. Ensimmäiset tekstiilien tulostamiseen tarkoitettut tulostimet olivat tarkoitettu
mattojen tulostamiseen ja ne tulivat markkinoille 1970-luvan lopulla. Siitä lähtien lait-
teet ja ohjelmistot ovat kehittyneet, vaikkakin ensimmäiset tuotantokelpoiset laitteet
tekstiilikäyttöön tulivat markkinoille vasta 1990-luvun alkupuolella. (Miles 2001, 301;
Helminen 2005, 8; Tyler 2005, 3.) 1990-luvulla tekstiilien digitaalinen mustesuihkutu-
lostus keskittyi lähinnä mallinnuksiin, lippu- ja mainoskankaiden ja joidenkin margi-
naalituotteiden (esimerkiksi solmiot) tulostamiseen. 2000-luvulla kehitystä on tapahtu-
nut niin laitteiden, musteiden kuin ohjelmistojenkin osalta. (Tyler 2005, 3.)

Tekstiilien digitaalinen tulostaminen on kehittynyt paperin tulostamisen vanavedessä.
Tekstiilien tulostamisessa on kuitenkin kiinnitettävä huomiota useampiin asioihin kuin
sileän ja tasaisen paperin tulostamisessa; tekstiilin pinnan rakenne, värityypit, värinkiin-
nitys, esi- ja jälkikäsitteilyt ja niin edelleen. (Helminen 2005, 7-8; Tyler 2005, 5.) Myös
valmiin tuotteen ominaisuuksiin tulee kiinnittää huomiota. Tuotteen tulee täyttää käyt-
tökohteen mukaiset vaatimukset ulkonäöstä ja tuntuominaisuuksista värien kestoihin
ynnä muihin. (Ross 2001.)

Tekstiilien digitaalisen mustesuihkutulostuksen etuja ovat kalliin kaavionvalmistuksen
puuttuminen, pienet erät, nopeat läpimenoajat ja koneiden pieni koko verrattuna perin-
teisiin painokoneisiin. Heikkouksina voidaan pitää alhaisia nopeuksia perinteisiin pai-
nomenetelmiin verrattuna, musteiden hintoja (kalliimpia kuin tavalliset painovärit) ja
sitä, että kankaat vaativat esikäsitteilyä (esim. paksunnosainekäsittely). (Rissanen 2010.)

Lähes kaikki tulostimet perustuvat niin kutsuttuihin prosessi- eli CMYK-väreihin (sy-
aani, magenta, keltainen ja musta). Värivalikoima on huomattavasti rajoitetumpi kuin
tavallisessa painamisessa, mutta toisaalta erillistä värikeitä ei tarvita. (Helminen
2005, 23; Tyler 2005, 2.)

3.2 Mustesuihkutulostuksessa käytetyt menetelmät

Digitaalisessa mustesuihkutulostuksessa käytetyt menetelmät voidaan jakaa kahteen kategoriaan. DOD eli ”Dot on Demand” menetelmissä pisara ammutaan liikkeelle silloin, kun sitä kuvan muodostamiseen tarvitaan. Tulostusohjelma määrittelee pisaran ampumisen (vaihtoehdot pisara tai ei pisaraa) tulostettavan kuvion mukaan. Jatkuvatöimissä mustesuihkumenetelmässä, josta usein käytetään lyhennettä CIJ sanoista ”Continuous Ink Jet”, pisaroita muodostetaan jatkuvana virtana ja virrasta valitaan ne pisarat, jotka päästetään kankaalle asti. (Helminen 2005, 13; Tyler 2005, 7.)

Yleisimmät DOD-menetelmät ovat lämpömustesuihku- ja pietsomustesuihkumenetelmät. Menetelmät eroavat toisistaan siinä, miten pisara muodostetaan ja saadaan purkautumaan ulos värikammioista. Lämpömustesuihkumenetelmässä värikammiossa olevaa väriä lämmitetään hetkellisesti, mikä saa värin höyrystymään ja laajenemaan nopeasti, jolloin paine saa värin purkautumaan suuttimesta. Pietsomustesuihkumenetelmässä taas ohjataan sähköä värikammiossa olevaan pietsosähköiseen kiteeseen, joka laajentuessaan saa aiheuttaa paineaallon värikammiossa ja tämän seurauksena väripisara purkautuu suuttimesta. Kun värin lämmittäminen tai sähkön johtaminen kiteeseen lopetetaan, värikammioon syntyy alipaine, jonka seurauksena kammioon virtaa uutta väriä. (Helminen 2005, 9-11; Tyler 2005, 7-9.)

Lämpömustesuihkumenetelmän suurimpana etuna ovat tulostuspäiden edulliset valmistuskustannukset, suurimpana haittana taas voidaan pitää tulostuspäiden lyhyttä kestoikää. Pietsomustesuihkumenetelmässä väripäiden kestoikä on pidempi. (Helminen 2005, 10 ja 12.) Muitakin DOD-menetelmiä on olemassa, mm. elektrostaattinen suihku, mutta näiden käyttö on vähäisempää kuin lämpömustesuihku- ja pietsomustesuihkumenetelmien. Menetelmien kehitystyö on eri vaiheissa, osa niistä on kaupallistettu, osa ei. (Ujiie 2006, 40–43.)

Jatkuvatöimissä mustesuihkumenetelmässä virtana muodostettaville pisaroille annetaan sähkövaraus ja tämän jälkeen ne sähkökentän avulla ohjataan joko materiaalin pinnalle tai keräimeen ja sitä kautta kierrätykseen. Sähkövaraus voi olla aina vakio, jolloin pisara osuu aina tiettyyn kohtaan, kun se ohjataan materiaalille, mutta jos sähkövarauksen suuruutta vaihdellaan, voidaan muuttaa myös pisaran putoamiskohtaa materiaalilla. Jatkuvatöimisen mustesuihkumenetelmän etuna on nopeus, mutta haittapuolena se, että

tulostuspäiden ja koneiden valmistus on kallista. (Helminen 2005, 13–14; Tyler 2005, 10; Ujii 2006, 30–31.)

3.3 Mustesuihkutulostuksessa käytetyt tulostusvärit

Tulostusvärit koostuvat yleensä väriaineesta, paksunnosaineesta, liuottimesta ja apuaineista. Lähes kaikki musteet ovat vesipohjaisia, koska ne on suunniteltu tulostuspäille, jotka edellyttävät sellaisia. Vesi on hyvä siinäkin mielessä, että se haihtuu helposti ja on myrkytön. Muut liuos pohjana käytettävät aineet, esimerkiksi liuottimet, saattavat vaatia kontrolloitua haihduttamista ja höyryjen poistamista tai jälkikäsitelyä, jotta työympäristön turvallisuus voidaan taata. (Helminen 2005, 23; Tyler 2005, 24.)

Tulostusvärien kriittisiä ominaisuuksia ovat muun muassa värimusteen pintajännitys, viskositeetti, partikkelikoko, stabiilius ja vaahtoamisominaisuudet. Pintajännitys ja viskositeetti vaikuttavat siihen, miten väri saadaan ammuttua suuttimesta, liian suuret partikkelit taas saattavat tukkia väripään. Värikammioihin ja letkuihin syntyvien saostumien ehkäisemiseksi musteen tulisi olla stabiilia ja pysyä hyvin dispersiossa. Edelleen on otettava huomioon, että tulostetulla tekstiilillä tulee olla riittävät värin pesun-, valon- ja hankauksenkestot. (Helminen 2005, 23; Tyler 2005, 24 ja 30.)

Mustesuihkutulostuksessa pääasiallisesti käytettävät värit voidaan jakaa neljään ryhmään: reaktiivivärit selluloosakuiduille, dispersiovärit polyesterille, happovärit proteiinikuiduille ja polyamidille sekä pigmenttivärit, joita voidaan käyttää lähes kaikkien kuitujen tulostamiseen. (Tyler 2005, 24.) Tämän työn kannalta tärkeimpiä ovat polyesteri ja dispersiovärit, mutta seuraavassa esitellään lyhyesti myös muita väriryhmiä.

Polyesteri on hydrofobinen kuitu, joten vesiliukoisten värien käyttäminen sen painamiseen on ongelmallista. Hydrofobisuuden lisäksi kuidun polymeeriketjut ovat varsin kiiteisiä ja tiiviisti pakkautuneita, jolloin mahdollisia kiinnittymispaikkoja värimolekyyleille on vähän. Polyesterille parhaiten soveltuva väriryhmä on dispersiovärit. Ne ovat ionittomia, veteen niukkaliukoisia ja hydrofobisia värimolekyylejä. Dispergointiaineen avulla ne saadaan jakautumaan tasaisesti veteen. Väri saadaan kuituun turvottamalla eli avaamalla kuitua mekaanisesti tai kemiallisesti. Kun rakenne palautuu, värimolekyylit jäävät kuidun huokosiin. Painomenetelmissä dispersiovärit kiinnitetään kuuman läm-

mön tai tulistetun höyryn avulla korkeissa lämpötiloissa (väristä riippuen 160–210 °C). Väriä antavana ryhmänä dispersioväreissä voi olla atso-, antrakinoni-, nitro- tai meitiiniväri. (Forss 2002, 74–75; Helminen 2005, 23–24; Tyler, 2005, 25; Rissanen 2010.)

Dispersiovärit voidaan jakaa kahteen tyyppiin värin molekyylikoon ja lämpöherkkyyden mukaan. Suurimolekyyllisiä värejä käytetään suorapainoon, pienimolekyyllisiä värejä myös siirtopainoon. Pienimolekyylliset värit soveltuvat siirtopainoon sublimoitumisominaisuutensa ansiosta. Sublimoituva väri painetaan (perinteisillä menetelmillä tai digitaalisesti) ensin paperille, josta se lämmön ja paineen avulla siirretään kankaalle. Pienimolekyyllisiä sublimoituvia dispersiovärejä voidaan käyttää myös suorapainoon, jolloin niiden etuina suurimolekyyllisiin väreihin nähden voidaan pitää alhaisempaa kiinnityslämpötilaa. Siirtopaino on myös kustannuksiltaan kalliimpaa, koska paino tapahtuu kahdessa vaiheessa ja tekstiilimateriaalin lisäksi käytetään paperia. (Helminen 2005, 23–24; Ujii 2006, 205.)

Dispersiovärejä käytettäessä painetut tuotteet täytyy usein painamisen jälkeen pestä, jotta ylimääräinen kiinnittymätön väri saadaan poistettua. Kiinnittymättömän värin poistaminen on tärkeää, jotta se ei tahraisi painamattomia alueita kankaassa. Väri poistetaan yleensä pelkistävässä pesussa natriumditioniitin, natriumhydroksidin ja pinta-aktiivisen aineen avulla. Väri saadaan tällöin muotoon, jossa sillä ei ole merkittävää affiniteettia kuituun. Pesu ei vaikuta kuituihin kiinnittyneeseen väriin. (Miles 2003, 293; Ujii 2006, 214.)

Polyesterikuiduista saattaa värjäystapahtuman aikana irrota oligomeerejä, jotka voivat sakkautua kuidun pintaan tai värjäyslaitteiden pinnalle. Sakkautuneet oligomeerit voivat aiheuttaa dispersiovärien kiteytymistä, mikä taas aiheuttaa pilkullista tahriutumista kankaassa. Pelkistävän pesun avulla päästään tehokkaasti eroon myös oligomeereistä. (Broadbent 2001, 60–61 ja 324–325.)

Reaktiivivärit ovat vesiliukoisia. Selluloosakuituja värjättäessä reaktiivivärien reaktiivinen ryhmä reagoi kuidun hydroksyyliyhymien kanssa muodostaen kovalenttisen sidoksen kuidun ja värin välille. Tällainen sidos on hyvin kestävä. (Rissanen 2010.)

Happovärejä käytetään pääasiassa villan, silkin ja polyamidin värjäämiseen. Happovärit ovat orgaanisia happoja, jotka liukenevat veteen. Ne ovat anionisia ja sitoutuvat kuidun

aminoryhmiin ionisidoksilla. Väriä antavana ryhmänä voi olla nitrosol-, atso-, triaryylimetaani-, ksanteeni- tai antrakinoniväri. Happovärit voidaan jakaa vahvahappo-, heikkohappo- ja neutraaliväreihin. (Forss 2002, 66; Tyler 2005, 25; Rissanen 2010.)

Pigmenttivärejä voidaan periaatteessa käyttää kaikkien kuitujen painamiseen. Parhaiten pigmenttipainantaan soveltuvat esimerkiksi selluloosakuidut, viskoosi, modaali ja puuvilla-polyesteri-sekoitteet. Pigmenttivärit ovat epäorgaanisia ja orgaanisia yhdisteitä. Väriä antavia ryhmiä voivat olla atso-, oksatsiini-, antrakinoni- tai ftalosyaniiniväri tai epäorgaaninen pigmentti. Pigmenttivärit eivät liukene veteen, niillä ei ole reagoivaa ryhmää, eikä niillä ole affiniteettia kuituun. Väri kiinnitetään kuituun sideaineen eli binderin avulla; sideaine sitoo pigmentit itseensä ja liimautuu kuituun kiinni. Väriin kiinnitys tapahtuu kuumen ilman avulla. (Forss 2002, 48; Rissanen 2010.)

3.4 Tulostuspohjat

Tulostuspohjina käytettävien kankaiden laatuvaatimukset ovat pääpiirteissään samat kuin perinteisessä painamisessa. Tasalaatuisuus on tärkeää, samoin se, että kankaassa ei ole värin kiinnittymistä haittaavia viimeistysaineita tai muita epäpuhtauksia. Erityisesti huomioitavia asioita ovat kankaan mittapysyvyys ja värinottokyky. Kankaan loimisuuntainen venymä aiheuttaa syöttövirheitä, jotka aiheuttavat poikkiraitaisuutta ja pituudenvaihteluita, kudesuuntainen venymä taas aiheuttaa vinoutta ja leveysvaihteluita. (Helminen 2005, 25.) Jos kangas pääsee kupruilemaan tai rypistymään tai jos siinä on paksuusvaihteluita, tulostuspää saattaa osua kankaaseen aiheuttaen tahriutumista tai tulostuspään rikkoutumisen. (Tippett.)

Tulostettavien kankaiden leveys vaihtelee yleisimmin 140–179 cm välillä, mutta kaapeampien ja huomattavasti leveämpienkin kankaiden tulostaminen on tulostimesta riippuen mahdollista. (Tyler 2005, 19.)

Tulostettaville kankailla tehdään yleensä esikäsittely, jolla pyritään parantamaan kuvan terävyyttä ja värien kylläisyyttä. Materiaalista riippuen esikäsittelystä saatavat hyödyt vaihtelevat. Esikäsitelty kangas vaatii usein jälkipesun tulostuksen jälkeen. (Helminen 2005, 25.) Tulostuspohjien esikäsittelystä kerrotaan tarkemmin luvussa 4.

3.5 Digitaalisten mustesuihkutulostimien toiminta ja ominaisuudet

Tulostettaessa tulostuskelkka liikkuu kankaan yli poikittaissuunnassa edestakaisin. Kelkka voi tulostaa liikkueessaan molempiin suuntiin tai vain toiseen suuntaan. Tulostus voi siis olla yksi- tai kaksisuuntaista. Tulostussuunta vaikuttaa sekä tulostusnopeuteen että -laatuun. Nopeuden kannalta olisi ihanteellista tulostaa kaksisuuntaisesti, mutta tällöin ongelmaksi voi muodostua pisaran kohdistaminen oikeaan kohtaan. Kelkan liikkuessa eri suuntiin pisaraan vaikuttaa erisuuntaisia ilmavirtoja, jotka voivat muuttaa pisaran laskeutumiskohtaa. Kaksisuuntaisessa tulostuksessa voi myös syntyä poikittaissuuntaisia värieroja, koska kankaan keskikohta kuivuu tasaisemmin kuin reunat. Reunoilla kelkka tulostaa kaksi kertaa peräkkäin ja sitten seuraa pidempi tauko. Yksisuuntaisessa tulostuksessa kangas ehtii kuivua koko leveydeltään yhtä kauan. Yksisuuntaisen tulostus on kaksisuuntaista hitaampaa, mutta ei kuitenkaan puolta hitaampaa, sillä kelkan palautus tapahtuu nopeammin kuin tulostus ja osittain yhtä aikaa kankaan eteenpäin siirron aikana. (Helminen 2005, 18–20.)

Tulostusnopeuteen vaikuttavat tulostussuunnan lisäksi muun muassa kelkan tulostusnopeus, se kuinka pitkän loimensuuntaisen matkan kelkka yhdellä liikkeellä tulostaa, tulostetaanko vaakarivi kerralla vai osissa (tulostuskerrat eli passes), tulostusresoluutio ja musteen kuivumisaika eli se, täytyykö kelkka säätää odottamaan tietty aika ennen kutakin tulostusriviä. Huomioitava on myös kankaan vaihtoon, huoltotoimenpiteisiin ja viikatilanteiden selvittämiseen kuluvat ajat. (Helminen 2005, 18.)

Mustesuihkumenetelmissä tulostustarkkuuden eli resoluution eli pienimmän toistettavissa olevan yksityiskohdan määrää pienimmän tulostettavissa olevan pisaran koko. (Lehtonen 1998, 47.) Resoluutio ilmaistaan yleensä kuvapisteinä pituusyksikköä kohti, esimerkiksi pisteinä tuumalla (dpi eli dots per inch), tai kuvapisteyden määränä vaaka- ja pystysuunnissa (esimerkiksi 360x360).

Tulostuslaatuun vaikuttavat tulostusresoluution lisäksi pisaran koko ja muoto. Jos värinpää on sellainen, jolla pisaran kokoa voidaan muuttaa, voidaan käyttää isoja pisaroita tulostusalueilla, joilla tärkeintä on hyvä peitto, pieniä pisaroita taas kun tavoitteena on tarkkuus. Pienellä pisarakoolla voidaan häivyttää pilkullisuutta varsinkin vaaleissa väripinnoissa. Pienien pisaroiden ongelmaksi voi muodostua se, että ilmanliikkeet voivat

häiritä pisaran putoamista oikeaan paikkaan. Myös väripäiden tukkeutumisen vaara on suurempi pieniä pisaroita käytettäessä. DOD-tekniikkaa käytettäessä pisaroihin muodostuu häntä, eli pisara ei ole pyöreä. Jos häntä ei imeydy takaisin pisaraan vaan hajoaa pieniksi pisaroiksi, jotka putoavat ennalta määräämättömiin kohtiin kankaalla, tulostuslaatu kärsii. Tähän ongelmaan voidaan vaikuttaa esimerkiksi tulostuspään tekniikkaa kehittämällä. (Helminen 2005, 21; Tyler 2005, 13–14.)

Kuvanlaatuun voidaan vaikuttaa myös rasteroinnilla. Se tarkoittaa tulostuspisteiden järjestelyä niin, että syntyy illuusio jatkuvasävyisestä kuvasta. Rasteroinnilla on suora vaikutus kuvanlaatuun; sävyjen toistoon, kuvan terävyyteen ja yksityiskohtien toistokykyyn sekä häiriökuvien (esimerkiksi raitaisuus tai moirékuviollisuus) esiintymiseen. (Helminen 2005, 31.)

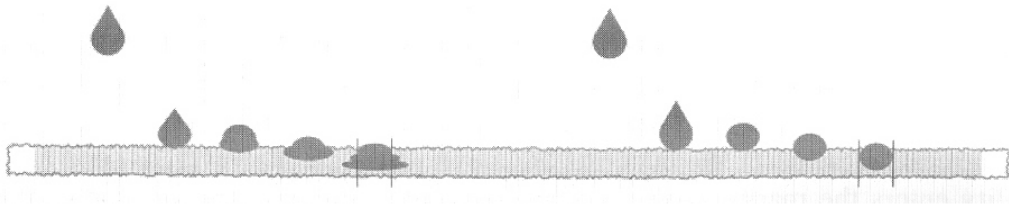
Useimmissa digitaalisissa tulostimissa käytetään ohjelmistoja, jotka perustuvat prosessivärien eli CMYK-värien käyttöön. Substraktiivisten päävärien CMY:n sekoituksena saadaan periaatteessa musta väri. Painovärit ovat kuitenkin harvoin sävyiltään täydellisiä, jolloin sekoituksena syntyykin mustan sijasta tummanruskeaa. CMY-värien rinnalla käytetään siis yleensä lisäksi mustaa väriä (K=Key eli kohdistusväri). (Helminen 2005, 23 ja 29.)

CMYK-värien ongelmana on toistaa kirkkaita vihreän, punaisen ja sinisen sävyjä. CMYK-värejä täydennetäänkin usein väreillä, joita on hankalaa tai mahdotonta saada aikaan syaania, magentaa ja keltaista sekoittamalla. Useimmat nykyaikaiset tulostimet käyttävät 6-8 ja joissain tapauksissa jopa 12 väriä. Lisäväreinä käytetään esimerkiksi sinistä ja oranssia tai vaaleampia sävyjä syaanista ja magentasta, jolloin saadaan hyviä pastellisävyjä. (Helminen 2005, 30; Tyler 2005, 23 ja 41; Xin 2006, 180–181.)

4 TULOSTUSPOHJIEN ESIKÄSITTELY

4.1 Yleisesti

Digitaalisessa mustesuihkutulostuksessa käytetään koostumukseltaan vesimäisiä tulosvärejä. Niillä on alhainen viskositeetti, jotta ne saataisiin hyvin ammuttua ulos suuttimista. Alhainen viskositeetti aiheuttaa ongelmia siinä vaiheessa, kun väri saavuttaa kankaan; väri leviää kankaassa tarkoitetun alueen yli. Tämän ilmiön estämiseksi kangas tulisi esikäsitellä niin, että leviäminen estyisi. Leviämisen estämiseksi kankaat käsitellään jollakin paksunnosaineella. Sen tehtävänä on parantaa kankaan imukykyä. Se estää värin leviämisen myös kiinnitysvaiheessa. Tulostusvärikin voi sisältää paksunnosainetta, jolloin sen tarkoituksena on säätää musteen reologisia ominaisuuksia. Paksunnosaineen lisäksi esikäsitteilyliuos sisältää yleensä kostutinaaineita, happoa tai alkalia ja pinta-aktiivisia aineita. Liuoksen koostumus riippuu käsiteltävästä kankaasta ja tulostukseen käytettävistä väreistä. (Miles 2003, 326; Tyler 2005, 32; Ujii 2006, 208 ja 258.) Kuvassa 1 on havainnollistettu pisaran leviämistä käsittelemättömällä ja käsitellyllä kankaalla.



Kuva 1. Pisaran leviäminen kankaalla. Vasemmalla käsittelemätön kangas, oikealla esikäsitelty kangas. (Tyler 2005, 32.)

Paksunnosaineet voidaan jakaa kolmeen tyyppiin;

- luonnon paksunnosaineet kuten algiinatit, tärkkelys ja tärkkelysjohdannaiset, guarkumi ja karobikumiliima
- emulsiot, joissa öljy (tyypillisesti raskasbenssiini) on emulgoitu veteen
- synteettiset paksunnosaineet

(Broadbent 2001, 520–521.)

Paksunnosaineiden ominaisuudet vaihtelevat, eivätkä kaikki aineet sovi yhteen kaikkien värien ja tekstiilimateriaalien kanssa. Varsin tavallista on, että eri paksunnosaineita sekoitetaan keskenään, jotta halutut ominaisuudet savutettaisiin. (Broadbent 2001, 521.)

Perinteisessä kankaan painamisessa paksunnosaineet ja muut tarvittavat kemikaalit vietään kankaalle yhdessä värin kanssa. Tulostusväritkin sisältävät yleensä paksunnosaineita, mutta eivät niin suuressa määrin kuin perinteiset painovärit. Digitaalisessa tulostuksessa tulostusvärien viskositeetin tulee olla alhainen. Korkeaa viskositeettia tarvittaisiin vasta värin osuessa kankaaseen, jotta leviämistä ei tapahtuisi. Näin ollen on parempi, että tarvittava määrä paksunnosainetta on valmiina kankaassa, eikä värimusteissa lisäämässä sen viskositeettia. Paksunnosaineiden ja kemikaalien lisääminen nimenaan kankaaseen mahdollistaa kankaan kostumis- ja läpäisyominaisuuksien säätämisen. Värin pitämiseen erillään paksunnosaineista ja muista kemikaaleista on myös muita syitä. Värien stabiilius ja säilyvyys voivat kärsiä, jos kaikki aineet sekoitetaan yhteen. Jotkin kemikaalit saattavat vahingoittaa väripäitä ja suuttimia, eikä värillä, jota käytetään jatkuvatoimisessa tulostusmenetelmässä, saisi olla suurta sähkönjohtokykyä. Suuret määrät suolaa taas heikentäisivät värien liukoisuutta vesipohjoisissa musteissa. (Ujii 2006, 203.)

Esikäsitelty ja tulostettu kangas saattaa värin kiinnityksen jälkeen vaatia jälkipesun. Pesun tarkoituksena on poistaa esikäsitelyaineet ja kiinnittymätön väri. Kiinnittymätön väri voi tahrata tuotetta, esikäsitelyaineet taas voivat aiheuttaa esimerkiksi kovan tunnun, joka häiritsee tuotteen käyttöä, tai muuttaa värin sävyä. Pesu käsittää useita vaiheita, joista ensimmäinen on yleensä kylmä huuhtelu. Pesuvaiheessa käytettävät kemikaalit valitaan yleensä tulostuksessa käytetyn väryyppin mukaan. Esimerkiksi dispersioväreillä painettu kangas saattaa vaatia pelkistyskäsitelyä. Pesun jälkeen seuraa jälleen huuhtelu. Huuhtelu- ja pesuvaiheiden määrää vaihtelee. (Tyler 2005, 32 ja 38; Ujii 2006, 214.)

4.2 Tavoitteet

Tulostuspohjien esikäsitelyyn tavoitteena on luonnollisesti saada aikaan mahdollisimman hyvä tulostuslaatu. Värien tulisi toistua kirkkaina ja tasaisina, leviämistä ei saisi tapahtua, vaan värialueiden tulisi olla teräväreunaisia ja pientenkin yksityiskohtien sel-

keitä. Joissakin tuotteissa myös värien läpimeno on toivottu ominaisuus, esimerkiksi lipuissa. Esikäsittely ei saisi vaikuttaa huonontavasti kankaan käytettävyyteen ja ominaisuuksiin. Esikäsittely ei siis esimerkiksi saa vaikuttaa kankaan toimivuuteen tulostimissa tai valmiin tuotteen tuntuominaisuuksiin tai värienkestoihin.

Yleisesti ottaen tulostuslaadun ongelmat voidaan jakaa neljään kategoriaan:

- 1) Ulkonäköön liittyvät asiat, esimerkiksi terävät värialueiden reunat, resoluutio, optinen tiheys (absorbanssi), värisävyjen toisto, häiriökuvien esiintyminen jne.
- 2) Väriin liittyvät asiat, esimerkiksi värintoistoalue, värikohdistus ja sävytys.
- 3) Kestoihin liittyvät asiat, esimerkiksi värin valonkesto.
- 4) Käytettävyyteen liittyvät asiat, esimerkiksi tuntu.

Monet tulostuslaatuun liittyvät asiat ovat yhteisiä digitaaliselle tulostamiselle ja perinteiselle kankaan painamiselle, mutta digitaalisessa tulostamisessa esiintyy myös ongelmia, joita perinteisissä tekniikoissa ei ole, esimerkiksi pisaran hännän hajoaminen useiksi pieniksi pisaroiksi. (Ujii 2006, 258–259.) Moniin näistä ongelmista voidaan vaikuttaa oikeanlaisella esikäsittelyllä.

4.3 Eri tekstiilimateriaalien ja värien vaatimat esikäsittelyt

Eri tekstiilimateriaalit ja niiden tulostamiseen käytetyt värit vaativat erilaisia esikäsittelyjä. Tässä luvussa käsitellään yleisimpien materiaalien ja värien esikäsittelyä.

Puuvillan tulostamiseen käytetään useimmiten reaktiivivärejä. Reaktiivivärit vaativat alkaliset olosuhteet muodostaakseen kovalenttisia sidoksia puuvillakuitujen kanssa. Alkalisuutta on kuitenkin kontrolloitava, jotta värimolekyylit eivät hydrolysoitu. Puuvillakankaan esikäsittelyliemi sisältää yleensä paksunnosainetta, alkalia ja ureaa. Paksunnosaineena käytetään yleisimmin alginaatteja. Alkalina voidaan käyttää natriumbikarbonaattia tai natriumkarbonaattia. Urean tehtävänä on toimia kostuttimena ja turvotusaineena. Esikäsittelyn jälkeen kangas tulisi kuivata alle 120 °C:n lämpötilassa. (Tyler 2005, 34; Ujii 2006, 207–209.)

Polyesterin painamiseen käytetään yleensä dispersiovärejä, jotka vaativat kiinnittyäkseen korkeita lämpötiloja. Värien ja paksunnosaineen reagoiminen keskenään ei ole kovin todennäköistä, mutta paksunnosaineen olisi silti hyvä olla stabiili korkeissa lämpö-

tiloissa. Tavallisesti paksunnosaineena käytetään alginaattipohjaisia aineita tai synteettisiä paksunnosaineita. Ureaa ei yleensä polyesterin esikäsitteilyliuksissa käytetä, koska se aiheuttaisi korkeissa värinkiinnityslämpötiloissa höyryjä ja saastumisongelmia. (Ujii 2006, 211.)

Polyesteristä valmistettujen tulostuspohjien esikäsitteilyssä on kokeiltu myös nanopartikkelien käyttöä. Metallioksidinanopartikkelit antoivat hyvän kirkkauden ja terävät ääriiivat sekä dispersio- että pigmenttiväreillä tulostettaessa. (Rentsenkhundev & Effenberg 2010, E125.)

Polyesteriä käytetään usein lippujen ja banderollien materiaalina, jolloin väriltä vaaditaan hyvää läpimenoa. Värin tulee läpäistä kangas, mutta se ei saa oikealta puolelta levitä. Paksunnosaine-esikäsitteilyt vähentävät leviämistä, mutta saattavat huonontaa läpimenoa. Esikäsitteily tulee siis olla sellainen, että myös hyvä läpimeno on mahdollinen. (Tyler 2005, 35.)

Proteiinikuitujen tulostamiseen käytetään happovärejä. Esikäsitteilyreseptin olennaisimmat ainekset ovat paksunnosaine, urea ja happo tai latentti happo. Paksunnosaineiden tulisi olla vakaita happamissa olosuhteissa, joita värin kiinnittymiseen tarvitaan. Yleisimmin käytettyjä paksunnosaineita ovat guarkumi ja karobikumiliima. Happoina voidaan käyttää orgaanisia happoja kuten sitruunahappoa. Mineraalihappojen, kuten rikkihapon tai suolahapon käyttöä ei suositella, koska ne saattavat vahingoittaa kangasta ja lisäksi ne ovat työturvallisuusriski. Happojen sijaan käytetään usein latentteja happoja. Nämä ovat usein ammoniumsuoloja, jotka hajoavat höyrytyksen aikana saaden aikaan happamat olosuhteet. Esikäsitteilyliuos sisältää yleensä myös ureaa. (Ujii 2006, 210–211.)

Pigmenttivärien kiinnittämiseen tarvittava sideaine voidaan sisällyttää musteeseen tai se voidaan lisätä kankaaseen esikäsitteilynä tai jälkikäsitteilynä tulostamisen jälkeen. Musteessa oleva sideaine saattaa aiheuttaa suuttimien tukkeutumista tai musteen liian suuren viskositeetin. Pigmenttivärejä käytettäessä on myös mahdollista käsitellä kangas monenarvoisia metallisuoloja sisältävällä liuksella. Musteessa käytetään tällöin pigmenttejä, jotka on päällystetty tai kapseloitu hartseilla. (Ujii 2006, 206 ja 212–213.)

5 PALO-OMINAISUUDET JA PALOSUOJAUS

Sisusteiden paloturvallisuus on tärkeää, sillä niiden merkitys tulipalojen alkuvaiheissa on usein merkittävä. Oikein valituilla sisusteilla voidaan tukea kokonaispaloturvallisuutta, mutta toisaalta väärillä valinnoilla voidaan pilata hyvin suunniteltu turvallisuusjärjestelmä. (Rämö & Ylä-Sulkava 1999, 4 ja 6.) Tässä työssä palo-ominaisuuksiin ja palosuojaukseen kiinnitetään huomiota, koska työssä käytettyjä lippu- ja somisteneuloksia käytetään tuotteissa, joille joissakin käyttökohteissa asetetaan palosuojavaatimuksia. Esikäsittelyihin käytetyssä reseptissä on mukana myös palosuojakemikaali.

5.1 Palo-ominaisuudet

Kaikki tekstiilimateriaalit eivät pala samalla tavalla. Eroja on syttymisherkkyudessa, palamisnopeudessa, lämmön, palokaasujen ja savujen muodostumisessa. Seuraavassa käsitellään palamistapahtuman teoriaa ja tärkeimpiä palo-ominaisuuksia; syttymistä, palamisnopeutta, savun muodostumista, sulamista, lämmön kehittymistä ja kyttemistä.

Kun materiaaliin kohdistuu riittävästi lämpöenergiaa, materiaali alkaa hajota pienimolekyylisiksi, haihtuviksi ja osittain palamiskykyisiksi yhdisteiksi. Tätä kutsutaan pyrolyysiksi. Pyrolyysin edetessä muodostuu kaasuseos, joka ilman hapen kanssa voi muodostaa palamiskelpoisen kaasuseoksen. Materiaali voi syttyä itsestään, jos lämpötila on riittävän korkea, tai esim. kipinä voi aiheuttaa syttymisen. Se, millaisia yhdisteitä pyrolyysissä syntyy, riippuu tekstiilikuidun kemiallisista ominaisuuksista. Syttymisherkkyys riippuu myös tekstiilissä olevista väri- ja viimeistelyaineista, sekä materiaalin pintakerroksen rakenteesta (ohut ja kevyt tai paksu ja tiivis). (Ryynänen, Kallonen & Ahonen 2001, 13–15.) Syttyvyyden eräänä kriteerinä käytetään happi-indeksiä eli LOI-arvoa (limited oxygen index), joka ilmoittaa sen hapen pitoisuuden, joka ympäröivässä ilmassa on oltava, jotta tekstiilikuitu vielä palaa liekistä pois otettuna. Ilman happipitoisuus on 21 %, joten LOI-arvoa 21 pidetään eräänlaisena paloturvallisuusrajana. Mitä korkeampi LOI-arvo on, sitä paloturvallisempaan kuitua pidetään. (Boncambor 2004, 50.)

Syttyneen tekstiilin palaminen jatkuu, jos pyrolyysituotteiden palamisessa syntyy lämpöä enemmän kuin pyrolyysiin ja lämpöhäviöihin kuluu. Liekkien leviämisenopeus on palon vaarallisuuden kannalta ratkaisevaa. Tekstiilien palamisnopeuteen vaikuttavat muun muassa kuitusisältö, kankaan rakenne ja viimeistelyaineet, tuotteen asento ja väljyys tai ilmavuus. Kun tuote on pystyasennossa, liekin lämpö kohdistuu yläpuolella olevaan osaan ja kiihdyttää pyrolyysiä. Huokoinen materiaali palaa nopeammin kuin tiivis, koska huokoisessa materiaalissa on enemmän palamiseen tarvittavaa happea. Huokoinen kangas syttyy ja palaa tiivistä kangasta nopeammin myös siksi, että huokoisessa kankaassa on tilavuusyksikköä kohden vähemmän materiaalia kuin tiiviissä, jolloin lämmittäminen syttymislämpötilaan vaatii vähemmän energiaa. (Ryynänen ym. 2001, 15–16.)

Savun syntymisnopeus on tulipaloissa olennaista henkilöiden pelastautumisen kannalta. Savukaasut haittaavat näkyvyyttä ja hengitystä, ärsyttää silmiä ja voivat pieninäkin pitoisuuksina lamaannuttaa elintoimintoja. Suurin osa palokuolemista aiheutuukin myrkyllisten savukaasujen hengittämisestä. Tavallisin myrkytysten aiheuttaja on hajuton ja väritön kaasu hiilimonoksidi CO eli häkä, jota muodostuu aina materiaalin palamisessa. Palamisessa syntyvien palokaasujen ja savun määrään vaikuttavat muun muassa tekstiilin kuitusisältö, materiaalin ja ympäristön kosteus- ja happipitoisuus sekä ilmavirtaus. Savun määrä ja laatu vaihtelee sen mukaan, eteneekö palo kytemällä vai liekehtimällä. Vaikka palosuoja-aineet pienentävät tekstiilin syttymisherkkyyttä, ne yleensä lisäävät muodostuvan savun määrää. Tämä johtuu palosuoja-aineiden aikaansaamasta epätäydellisestä palamisesta. (Ryynänen ym. 2001, 16–17.)

Tekstiilin sulaminen on paloturvallisuuden kannalta sekä hyvä että huono ominaisuus. Sulaminen voi estää materiaalin syttymisen, jos materiaali sulamisen seurauksena vetäytyy pois sytytyslähteestä ilman syttymistä. Sulavan materiaalin palo voi sammua myös, jos palava osa putoaa pois. Tosin putoava palava materiaali voi sytyttää alustan, jolle se putoaa. Tekstiilimateriaalien sulaminen on vaarallista etenkin vaatetusmateriaalien kohdalla. Kun sulaa kuitumateriaalia joutuu iholle, se tarttuu kiinni ja johtaa lämpöä nopeasti aiheuttaen vaikeita palovammoja. (Ryynänen ym. 2001, 17.)

Palamisvaiheessa vapautuvan lämmön määrä riippuu palavan materiaalin koostumuksesta ja määrästä. Vapautuvan lämmön määrä vaikuttaa oleellisesti palon leviämiseen; mitä enemmän lämpöä vapautuu, sitä suurempi on lähiympäristön materiaalien sytty-

misvaara. Lämmön kehittyminen vaikuttaa myös palovammojen syntyyn etenkin vaate- ja tekstiilimateriaaleista puhuttaessa. (Ryynänen ym. 2001, 17.)

Palaminen voi tapahtua myös kytemällä, eli ilman liekkiä. Liekehtivä palo voi muuttua kyteväksi tai kytevä palo liekehtiväksi. Kytevä palo etenee yleensä hyvin hitaasti, se voi myös sammua itsekseen hapen puutteeseen tai kytevän materiaalin loppumiseen. Vaikka kytevä palo etenee hitaasti, myrkyllisiä savukaasuja muodostuu alusta alkaen. Kaikki tekstiilimateriaalit eivät syty kytevään paloon. Selluloosakuiduilla on taipumus syttyä kytevään paloon, kun taas sulavat ja lämpölähteestä poispäin vetäytyvät materiaalit, kuten polyesteri, eivät syty kytevään paloon. (Ryynänen ym. 2001, 18–19.)

5.2 Palosuojaus

Palosuojauksen tarkoituksena on vähentää tekstiilituotteen syttymisherkkyyttä ja palon leviämistä alkuvaiheessa. Ryynänen ym. (2001, 25) mukaan palosuojajäsenien vaikutus perustuu seuraaviin seikkoihin:

- palosuojajäsenet sitovat lämpöä niin, ettei materiaalin syttymislämpötilaa saavuteta
- tuote hajoaa eli hiiltyy ennen kuin syttymislämpötila ehditään saavuttaa
- palosuojajäsen ohjaa materiaalin hajoamista niin, että palavia kaasuja syntyy vähemmän
- palosuojajäsenistä kehittyy kaasuja, jotka estävät tuotetta saamasta happea, jolloin palaminen estyy.

Kuten aiemminkin jo mainittiin, jos palosuojattu materiaali syttyy, on savunmuodostus yleensä suurempaa kuin suojaamattoman materiaalin palaessa. Tästä syystä onkin tärkeää harkita, millaiset palo-ominaisuudet ovat missäkin tilanteessa tärkeitä, ja miten tilan, jossa tuotetta käytetään, paloturvallisuus on muuten järjestetty. (Rämö & Ylä-Sulkava 1999, 20.)

Palosuojauksen pysyvyyden perusteella palosuojatut tekstiilit voidaan jakaa kahteen ryhmään: pysyvästi palosuojatut ja ei-pysyvästi palosuojatut. (Ryynänen ym. 2001, 25.) Seuraavassa esitellään näitä kahta ryhmää tarkemmin.

5.2.1 Pysyvä palosuojaus

Pysyvästi palosuojattuja tekstiilejä on kolmea tyyppiä: luonnostaan paloturvallisista kuiduista valmistetut tekstiilit, paloturvallisiksi modifioiduista kuiduista valmistetut tekstiilit ja paloturvallisiksi viimeistellyt tekstiilit. Näissä tekstiileissä palosuojaus kestää koko tuotteen käyttöiän, kun hoito-ohjeita noudatetaan oikein. (Ryynänen ym. 2001, 25.)

Luonnostaan paloturvallisia kuituja ovat sellaiset kuidut, jotka kestävät lämpöä hyvin tai joiden kemiallisessa rakenteessa on syttymistä ehkäiseviä ja palamista hidastavia aineita. Luonnostaan paloturvallisia kuituja on useita, esimerkiksi aramidikuidut, polyamidi-imidikuidut ja PBI (polybentsimidatsoli). Nämä erikoismateriaalit ovat yleensä huomattavasti normaaleja tekstiilikuituja kalliimpia ja niitä käytetäänkin lähinnä erikoistekstiileissä. (Ryynänen ym. 2001, 25–26.)

Paloturvallisiksi modifioidut tekstiilikuidut valmistetaan lisäämällä paloturvallisuutta parantava yhdiste kuidun polymeeriketjuun valmistuksen yhteydessä. Näin palosuoja-aine sitoutuu kuituun pysyvästi. Tällä tavalla palosuojatun tuotteen palo-ominaisuudet saattavat kuitenkin heikentyä, jos tuotteeseen lisätään viimeistelyksiä, jotka huonontavat paloturvallisuutta. Tällaisia voivat olla esimerkiksi veden- ja lianhylkivyyksähoito. (Ryynänen ym. 2001, 27–28.)

Tekstiilit voidaan myös viimeistellä paloturvallisiksi. Nämä viimeistelyt voivat olla pesuja kestäviä tai pesua kestäättömiä, joten tuotteen hoito-ohjeen noudattaminen on palosuojauksen säilymisen kannalta ensisijaisen tärkeää. Pesunkestävät palosuojaukset tehdään yleensä kankaan valmistuksen yhteydessä. Luonnonkuitujen kohdalla palosuojausta ei voida tehdä muutoin kuin viimeistelemällä tekstiili palosuoja-aineilla. (Ryynänen ym. 2001, 29.)

5.2.2 Ei-pysyvä palosuojaus

Tekstiileille voidaan antaa myös tilapäinen palosuojauskäsittely, jolloin palosuoja-ominaisuudet säilyvät, kunnes tekstiili joutuu tekemisiin kosteuden kanssa tai se pestään. Täl-

lainen tilapäinen palosuojaus voidaan valita, jos tuotteen joutuminen kosketuksiin veden kanssa on epätodennäköistä. Yleisiä käyttökohteita ovat muun muassa messujen ja näyttelyiden sisusteet ja somisteet. (Ryynänen ym. 2001, 30.)

Palosuoja-aineet vaikuttavat tekstiilien tuntu- ja ulkonäköominaisuuksiin. Jos palosuoja-ainetta on paljon, materiaali saattaa tuntua karhealta ja jäykältä. Materiaalin pinnalle saattaa sakkautua jauhemaista suolaa jälkikäsitteilynä tehtävän palosuojauksen seurauksena. Palosuoja-aineet saattavat aiheuttaa allergiaoireita ihokosketuksessa. (Rämö & Ylä-Sulkava 1999, 20.)

5.3 Palosuoja-vaatimukset julkisten tilojen tekstiileille

Julkiset tilat ovat tiloja, joissa henkilöiden lukumäärä, ikä, kunto ja liikkumismahdollisuudet asettavat erityisiä vaatimuksia paloturvallisuudelle. (Sisäasiainministeriö 1998, 5.) Julkiseksi tiloiksi lasketaan muun muassa hotellit, ravintolat, sairaalat, vanhainkodit, koulut, päiväkodit, vankilat, myymälät, näyttely- ja urheiluhallit, teatterit, kirkot, kirjastot ja muut vastaavat tilat. (Rämö & Ylä-Sulkava 1999, 6.) Valittaessa näihin tiloihin tekstiilimateriaaleista valmistettuja sisusteita, on otettava huomioon tiloissa vallitsevat käyttöolosuhteet (mm. valvonnan taso), sekä tahallisen sytyttämisen ja huolimattoman tulenkäsittelyn mahdollisuus. (Sisäasiainministeriö 1998, 10.)

Sisusteiden paloturvallisuudesta on olemassa Sisäasiainministeriön julkaisema ohje ”Ohje sisusteiden paloturvallisuudesta, julkaisusarja A:56.”. Ohje on kumottu Pelastuslain myötä, mutta sitä käytetään edelleen ohjeellisena asiakirjana Suomessa, koska muuta viranomais säädöstä tai -ohjetta ei ole. (Jämsä 2011.) Kyseisessä ohjeessa sisusteilla tarkoitetaan verhoja, pehmustettuja huonekaluja, irtomattoja, patjoja, sijauspatoja ja vuodevaatteita, sekä muita materiaalina ja käyttötapaansa puolesta näihin rinnastettavissa olevia tuotteita (Sisäasiainministeriö 1998, 5.)

Sisäasiainministeriön ohjeessa (1998, 7) sisusteille määritellään palo-ominaisuuksiensa perusteella syttyvyysluokitus. Syttyvyysluokat määritellään syttymisen ja palon alkuvaiheiden etenemisen perusteella. Syttyvyysluokat on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Sisusteiden syttyvyysluokitus. (Sisäasiainministeriö 1998, 7.)

Luokka	Palo-ominaisuudet
SL 0 Palamaton	ei syty ei pala
SL 1 Vaikeasti syttyvä	syttyy vaikeasti sammuu itsestään ei muodosta paloa levittävää sulaa
SL 2 Tavanomaisesti syttyvä	syttyy (ei herkästi) voi palaa loppuun ei muodosta paljon paloa levittävää sulaa
SL 3 Herkästi syttyvä	syttyy herkästi ja/tai palaa rajusti ja/tai vapautuu paljon lämpöä ja/tai muodostuu runsaasti paloa levittävää sulaa

Verhojen, pehmustettujen huonekalujen, irtomattojen, patjojen ja vuodevaatteiden syttyvyysluokitus tehdään määrätyissä palokoemenetelmissä saatujen tulosten perusteella. Palokoemenetelmien tarkoitus on antaa mahdollisimman luotettava kuva tuotteen paloturvallisuudesta syttyvyyden suhteen. Tähän pyritään muun muassa sillä, että sytytyslähde ja koekappaleen asento riippuvat testattavasta tuotteesta. Esimerkiksi verho-koekappale testataan pystysuorassa käyttäen sytytyslähteenä pientä kaasuliekkiä, patja-koekappale taas testataan vaakasuorassa käyttäen sytytyslähteenä pientä kaasuliekkiä tai kytevää savuketta. (Sisäasiainministeriö 1998, 7 ja 10.)

Huoneiston tai tilan käyttötavasta riippuu, millaisen syttyvyysluokan sisusteita siellä tulisi käyttää. Taulukossa 2 on esitetty syttyvyysluokkiin perustuva sisusteiden käyttösuositus eri tiloihin.

Taulukko 2. Sisusteiden käyttösuositus. (Sisäasiainministeriö 1998, 11.)

Huoneisto tai tila ^(*)	Sisusteet, tilan käyttöolosuhteet	Syttyvyysluokka
Majoitustilat ja hoitolaitokset: hotellit, lomakodit, asuntolat, sairaalat, vanhainkodit, rangaistuslaitokset, sekä muut vastaavat tilat, jotka ovat yleensä ympäri vuorokautisessa käytössä	lakanat ja tyynyliinat	SL 2
	muut sisusteet	SL 1
	muut sisusteet, jos tilassa on erityisen tehokas valvonta ^(**)	SL 2
Ravintolat	sisusteet	SL 1
Päivähoitolaitokset ja koulut	verhot	SL 1
	verhot, jos tilassa on erityisen tehokas valvonta ^(**)	SL 2
	muut sisusteet	SL 2
Muut kokoontumis- ja liiketilat: myymälät, näyttelyhallit, urheiluhallit, teatterit, kirkot, kirjastot, sekä muut vastaavat tilat, jotka ovat yleensä päivä- tai iltakäytössä	sisusteet	SL 1
	sisusteet, jos tilassa on automaattinen sammutuslaitos	SL 2

^(*) Käyttötaparyhmitys on Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 mukainen.

^(**) Esim. palovaroinjärjestelmä yhdistettynä henkilövalvontaan.

Tässä työssä ollaan kiinnostuneita lähinnä Printscorpio Oy:n valmistamien tuotteiden kaltaisten sisusteiden palosuoja vaatimuksista sellaisissa julkisissa tiloissa, joissa niitä useimmiten käytetään, esimerkiksi näyttelyhalleissa ja laivoilla. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi erilaiset riippuvat kangassomisteet ja kuvatelineet. Tällaisille sisusteille/somisteille ei esimerkiksi Sisäasiainministeriön ohjeesta löydy suoraa ja yksiselitteistä vaatimusta paloturvallisuusvaatimuksista.

Rämö ja Ylä-Sulkava (1999, 8) jakavat sisusteet ryhmiin, joiden tuotteet ovat käyttövoiltaan, rakenteiltaan ja palokoemenetelmiltään samankaltaisia. Yksi näistä ryhmistä sisältää seuraavanlaiset tuotteet: verhot, esiriput, teltat, katokset, kangassomisteet; pystysuorassa asennossa käytetyt tasomaiset tuotteet. Sisäasiainministeriön ohjeessa sisusteiden paloturvallisuudesta (1998, 5) verhojen kanssa samaan ryhmään lasketaan kuuluvaksi seuraavat tuotteet: riippuvat tekstiilit, esirippukankaat, suuriin telttoihin tarkoitetut markiisit ja aurinkokatokset, samoin muovinen tai kankainen väliseinä.

Printscorpion valmistamien tuotteiden voidaan enimmäkseen katsoa olevan pysytysuorassa asennossa käytettäviä tasomaisia tuotteita tai riippuvia tekstiilejä. Näin ollen voidaan päätellä, että ne voidaan edellisessä kappaleessa esitettyjen luetteloiden mukaisesti rinnastaa verhoihin ja että niihin voidaan soveltaa verhoille asetettuja paloturvallisuusvaatimuksia. Myös VTT:n erikoistutkijan Tiia Ryynäsen mukaan (2010) verhojen paloturvallisuusvaatimuksia ja palotestausmenetelmiä voidaan soveltaa kyseisille tuotteille. Taulukon 2 perusteella verhojen/sisusteiden syttyvyysluokan tulee olla SL 1 tai SL 2 riippuen käyttökohteesta. Esimerkiksi näyttelyhalleissa sisusteiden tulee olla SL 1 –luokkaan kuuluvia, paitsi jos tilassa on automaattinen sammutuslaitos, jolloin riittää SL 2.

Liikennevälineissä käytettäville tekstiilisisusteille on omat paloturvallisuusvaatimuksensa. Printscorpion tuotteiden kohdalla erityistä kiinnostusta herättää laivoilla käytettävien sisusteiden paloturvallisuusvaatimukset, koska yrityksen tuotteille löytyy käyttökohteita myös sieltä (laivojen myymälät, ravintolat ja niin edelleen).

Laivoilla käytettävien tuotteiden on täytettävä laivanvarustusdirektiivissä asetetut vaatimukset. Direktiivi koskee kaikkia tekstiilejä, joille on SOLAS-sopimuksessa esitetty paloturvallisuusvaatimuksia. SOLAS-sopimus on kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä. Sopimukset tehdään IMO:ssa (International Maritime Organization), joka on YK:n merenkulkualan erikoisjärjestö. Sopimuksessa on esitetty paloturvallisuusvaatimuksia muun muassa verhoille, vuodevarusteille, pehmustetuille istuinhuonekaluille ja pintamateriaaleille. (Ryynänen ym. 2001, 81–82.)

Verhojen osalta paloturvallisuusvaatimukset liittyvät syttymisherkkyyteen pienen liekin vaikutuksesta. Testaamiseen käytetään SOLAS-sopimuksen mukaista menetelmää: IMO FTPC, Part 7 (IMO Resolution MSC.61(67) Annex 1 Part 7) Test for vertically supported textiles and films. Test procedure IMO Resolution A.471(XII), as amended by Resolution A.563(14). Menetelmä on sama, jota Suomessa käytetään selvittämään onko tuote vaikeasti syttyvä eli syttyvyysluokkaan 1 kuuluva. (Ryynänen ym. 2001, 82.)

6 ESIKÄSITTELYJEN SUORITUS

6.1 Tulostuspohjat

Esikäsitteilyjä tehtiin kahdelle erilaiselle polyesteriloimineulokselle. Toinen oli neliömassaltaan 115 g/m² ja toinen 210 g/m². Molempien neulosten valmistaja on saksalainen Georg+Otto Friedrich KG. Palotestauksissa käytettiin samoja neulostyyppejä käsittelemättömänä, valmistajan palosuojaamana sekä Printsorpion palosuojaamana.

6.2 Kemikaalit ja reseptit

Kemikaalien valmistajan antama esikäsitteilyresepti oli seuraavanlainen:

Vettä	x g
Esikäsitteilyaine CHIPTEX DS BASE NW	200 g
Palonsuoja-aine APYROL PES	150 g
Optinen kirkaste TUPOBLANC PT-B	2-10 g
Optinen kirkaste TUPOBLANC PT-O	2-10 g
Yhteensä	1000 g

Tavoite pick-up 70–80 %

Kuivaus 100–120 °C 2-1 minuuttia

Kiinnitys tulostuksen jälkeen 180–200 °C 2-1 minuuttia

Valmistajan reseptiä lähdettiin varioimaan esikäsitteilyaineen määrää muuttamalla. Optisia kirkasteita käytettiin 2 g/l.

Chiptex DS Base NW on synteettisten paksunnosaineiden ja lisäaineiden seos ja se on tarkoitettu digitaalisesti mustesuihkutulostettavien kankaiden esikäsitteilyyn. Valmistajan mukaan sen avulla saadaan aikaan erinomainen terävyys ja värin syvyys, eikä se heikenne kankaan tuntua. Chiptex DS Base NW -esikäsitteilyliuokseen voidaan sekoittaa muun muassa optisia kirkasteita ja palosuoja-aineita, jolloin erillisiä käsitteilyprosesseja

kutakin ainetta varten ei tarvita. (CHT R. Beitlich GMBH Chiptex DS Base NW Esite 2006 ja Safety Data Sheet 2009.)

Apyrol PES on pesunkestävä palonsuoja-aine 100 % polyesterille ja 100 % polyamidille sekä näiden sekoitteille. Se on kemialliselta rakenteeltaan alkyyli fosfonaatti. Valmistajan mukaan Apyrol PES ei vaikuta kankaan lujuuteen, sen vaikutus valonkestoon ja tuntuun on vähäinen, sillä on erinomainen vesi- ja kemiallisenpesun kesto ja sen toksisuus on vähäistä. (CHT R. Beitlich GMBH Apyrol PES 2009.)

Optiset kirkasteet Tuboblanc PT-B ja Tuboblanc PT-O ovat molemmat styrolibenzoli-derivaattoja. (CHT R. Beitlich GMBH Tuboblanc PT-B 2005 ja CHT R. Beitlich GMBH Tuboblanc PT-O 2007.)

6.3 Ensimmäinen näytesarja

Ensimmäiset esikäsittelykokeet suoritettiin Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) tekstiililaboratoriossa Werner Mathis Ag:n valmistamalla fulardilla (kuva 2). Esikäsiteltävät näytteet olivat kooltaan noin A4-kokoisia. Esikäsittelyjä varten valmistettiin kuusi liuosta, joissa esikäsittelyaineen määrä vaihteli 50 g:n ja 200 g:n välillä 30 g välein. Liuosten esikäsittelyainepitoisuudet olivat siis 50 g, 80 g, 110 g, 140 g, 170 g ja 200 g. Kullakin liuksella esikäsiteltiin kahdeksan näytettä kummastakin neuloksesta. Näytteet punnittiin ennen fulardointia, fulardoinnin jälkeen ja vielä kuivana. Punnitus tulosten avulla saatiin määritettyä pick-up kullekin näytteelle sekä esikäsittelyn aiheuttama massanlisäys. Näiden esikäsittelyjen mittaustulosten keskiarvot löytyvät liitteestä 1.



Kuva 2. Ensimmäisissä esikäsittelyissä käytetty fulardi. (Kuva: Katri Sandberg 2011)

Liuokset valmistettiin liitteestä 2 löytyvien reseptien mukaisesti. Aineet, kuten näytteetkin, punnittiin kymmenesosagramman tarkkuudella. Liuosta sekoitettiin dispergaattorin avulla 10 minuuttia, jonka jälkeen liuoksen päältä kuorittiin vahto. Liuos kaadettiin tämän jälkeen laakeaan astiaan, jossa kasto suoritettiin. Kaston kesto oli noin 30 sekuntia. Tämän jälkeen suoritettiin varsinainen fulardointi. Koska käytetty fulardi oli jo melko vanha ja sen valssien puristusvoima heikentynyt, fulardoitiin kaksi näytettä päällekkäin. Näytteet siis kastettiin ja fulardoitiin kaksi kerrallaan. Fulardoinnin jälkeen näytteet punnittiin kosteana pick-up:n laskemista varten. Tämän jälkeen näytteet kuivattiin Termaks-merkkisessä lämpökaapissa (kuva 3) n. 120 °C:ssa. 115 g:n neulosta kuivattiin noin kaksi minuuttia ja 210 g:n neulosta noin 3 minuuttia. Kuivausaika poikkesi alkuperäisen reseptin ajasta, koska lämpökaapin lämpötila laski näytteitä kaappiin asetettaessa, eivätkä näytteet olisi ehtineet kuivua määrättyssä ajassa. Kuivauksen jälkeen näytteiden annettiin ilmastoitua normaalissa huonelämpötilassa ja ilmankosteudessa ennen viimeistä punnitusta.



Kuva 3. Termaks-lämpökaappi. (Kuva: Katri Sandberg 2011)

Ensimmäisiä esikäsittelyjä tehtäessä havaittiin, että liuos, joka sisälsi esikäsittelyainetta 50 g, erottui ja rakeistui muita liuoksia helpommin. Tällä liuoksella esikäsitellyt näytteet jäivät muita useammin tahraisen näköisiksi, tosin eräänlaista pilkullisuutta esiintyi jonkin verran muissakin näytteissä.

6.4 Toinen näytesarja

Toiset esikäsittelyt suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratorion paperinpinnoituslaitteella (kuviot 4 ja 5). Tällä laitteella pystyttiin Tampereen teknillisen yliopiston tekstiililaboratorion laitetta helpommin käsittelemään pitkiä, useamman metrin pituisia näytteitä. Esikäsiteltyjen näytteiden leveys oli noin 25 senttimetriä. Näytteet ajettiin pakalta pakalle, jolloin kankaan pujotukseen kului melko paljon kangasta.



Kuva 4. Esikäsitelyissä käytetty pinnoituslaite. (Kuva: Tiina Kolari-Vuorio 2011.)



Kuva 5. Esikäsitelyissä käytetty pinnoituslaite. (Kuva: Tiina Kolari-Vuorio 2011.)

Esikäsitelyliuoksia valmistettiin kolmella eri esikäsitelyainepitoisuudella; 90 g/l, 150 g/l ja 210 g/l. Reseptit löytyvät liitteestä 3. Kullakin liuoksella esikäsiteltiin näytteet molemmista neuloksista. Liuoksissa käytetyt aineet punnittiin kymmenesosagramman tarkkuudella. Ensimmäisistä esikäsitelyistä poiketen esikäsitelyaine siilattiin suodatin-kankaan läpi. Tällä pyrittiin vähentämään pilkullisuutta, jota havaittiin ensimmäisten esikäsitelyjen yhteydessä. Liuoksia sekoitettiin dispergaattorilla noin viisi minuuttia, minkä jälkeen liuoksen päältä kuorittiin sekoituksen aikana muodostunut vaahto.

Koska tällä kertaa esikäsiteltiin pitkiä näytteitä, punnituksia ennen ja jälkeen fulardointin ei tehty. Laitteella saatavaa pick-upia tutkittiin ennen varsinaista ajoa pienillä näytteillä. Näiden avulla todettiin, että pick-upia ei saada ohjeen mukaisesti 70–80 % välille, vaan se jäi yli 90 %:iin. Tämä päätettiin kuitenkin hyväksyä.

Esikäsitteily suoritettiin siten, että kangas pujotettiin aukirullautuvalta pakalta puristustelojen kautta kuumailmapuhaltimien läpi kiinnirullaavalle pakalle. Puristustelojen nippiin kaadettiin esikäsitteilyliuosta ja kone käynnistettiin. Ajon aikana liuosta kaadettiin nippiin tasaisesti koko ajan lisää, sillä nippi ei ollut reunoiltaan tiivis.

Tarkoituksena oli, että kuumailmapuhaltimet olisivat kuivanneet kankaan, mutta nopeasti todettiin, että niiden kuivausteho ei riitä. Lisäksi todettiin, että kun ajo pysäytetään kankaan vaihtoa varten, puhaltimien sisällä olevista kuumista, metallisista ohjaintangoista jää jäljet kankaaseen. Näin ollen päädyttiin siihen, että kun kangasta oli ajettu sopiva määrä, kone pysäytettiin ja kangas rullattiin käsin pois pakalta ja ripustettiin kuivauskaappiin tangoille kuivumaan. Kuumailmapuhaltimet kytkettiin kokonaan pois käytöstä.

Käsittelyjä tehtäessä todettiin, että pinnoituslaitteen puristusvalssien kumitus oli liian kova soveltuakseen tekstiilien fulardointiin. Näytteet jäivät näin ollen liian märiksi. Kun kuivaus tapahtui kuivauskaapissa ripustettuna, todettiin, että näytteisiin syntyi liuoksen valumisesta aiheutuneita raitoja. Ohjaavan opettajan Juha Heinolan kanssa päädyttiin kuitenkin siihen, että näytteet tai ainakin osia niistä voidaan käyttää tulostuskokeisiin.

6.5 Tuotantomittakaavan kokeilut Printscorpiolla

Printscorpiolla suoritettiin myös tuotantomittakaavan kokeiluja esikäsitteilyistä. Laboratoriomittakaavan esikäsitteilyissä käytettyjä reseptejä muokattiin edelleen. Esikäsitteilyaineen määrää vaihdeltiin, ja kokeiluja tehtiin käyttämällä esikäsitteilyaine Chiptex DS Base NW:tä jopa 300 g/l. Esikäsitteilyt tehtiin tuotannossa normaalisti käytettävän levyisille kankaille normaalilla (ei siis laboratorion kokoisella) fulardilla. Seuraavassa tärkeimpiä Printscopion henkilökunnan tekemiä havaintoja ja reseptimuutoksia.

Laboratoriomittakaavan kokeissakin havaittua pilkullisuutta saatiin vähennettyä paitsi siilaamalla esikäsitteilyliuos myös jättämällä optiset kirkasteet kokonaan pois. Optisten kirkasteiden pois jättäminen ei huonontanut tulostuslaatua. Palosuoja-aineen vähentäminen vähensi kankaan liukkautta. Kylmän veden sijasta ryhdyttiin käyttämään haaleaa tai kädenlämpöistä vettä, jolloin Chiptex DS Base NW sekoittui paremmin. Sekoitus pyrittiin tekemään mahdollisimman kevyesti, jotta vaahtoa ei syntyisi niin paljoa. Vaahdonestoaineen todettiin edelleen vähentävän ongelmallisen vaahton muodostusta. Lisäämällä kostutinainetta todettiin läpimenon parantuvan. Lisäksi kokeiltiin käyttää Chiptex DS Base NW:n lisäksi toista paksunnosainetta. (Printscorpion henkilökunta 2011.)

Tähän työhön otettiin mukaan näytteet kankaista, jotka oli esikäsitelty tuotantomittakaavassa. Niiden esikäsitteily oli suoritettu niiden reseptien mukaisesti, jotka Printscorpiolla oli käytössä heinäkuussa 2011 (115 g/m² kangas) ja syyskuussa 2011 (210 g/m² kangas). Reseptit on esitetty liitteessä 4. Näille näytteille vertailukohdaksi tulostettiin myös näytteet kankaille, jotka on ostettu valmiiksi esikäsiteltyinä.

7 TULOSTAMINEN JA JÄLKKÄSITTELYT

7.1 Tulostaminen

Tulostaminen suoritettiin Printsorpion digitaalisilla mustesuihkutulostimilla yrityksen tuotantotiloissa. Näytteet tulostettiin Mutoh Viper TX 09 –tulostimella sublimoituvilla dispersioväreillä. Näytteisiin tulostettiin liitteen 5 tyyppinen testikuva.

7.1.1 Ensimmäinen näytesarja

Ensimmäisen näytesarja noin A4-kokoisten näytteiden tulostamiseksi näytteet ommeltiin yhteen pitkäksi soiroksi. Ompelu suoritettiin teollisuuskäyttöön tarkoitettulla lukkotikkikoneella. Saumana käytettiin perusmuotoista katesaumaa, jossa kankaan reunat asetetaan päällekkäin ja kankaat tikataan yhteen.

Ensin kokeiltiin tulostamisesta näytesoirolla, johon oli ommeltu kaikki 50 g:n liuoksen näytteet yhteen. Todettiin kuitenkin, että näytteiden vertailu voisi olla helpompaa, jos soiroihin ommeltaisiin peräkkäin eri liuoksilla käsitellyt näytteet. Vertailun vuoksi soiroihin ommeltiin myös näytteet käsittelemättömästä kankaasta ja kankaasta, joka oli ostettu valmiiksi esikäsiteltynä. Tällaisia näytesoiroja ommeltiin kolme kappaletta ja ne rullattiin tulostusta varten pakkaputkille. Kuhunkin näytepalaan pyrittiin tulostamaan yksi testikuva.

Pienistä näytteistä ommeltuja soiroja oli vaikea saada tulostimeen tasaiselle jännitykselle, joten näytesoiiron toinen reuna oli yleensä kireämmällä ja toinen löysemmällä. Tulostusjäljestä tuli näin ollen epätasainen ja tahriutumista tapahtui jonkin verran. Tulosteiden katsottiin kuitenkin kelpaavan jatkotutkimuksiin.

7.1.2 Muut näytteet

Toisen näytesarjan näytteet, jotka oli esikäsitelty useamman metrin mittaisina mutta leveydeltään noin 25 senttimetrinä, tulostettiin samaan tapaan kuin ensimmäisetkin, mutta pidempinä soiroina. Kuhunkin soiroon tulostettiin useita peräkkäisiä testikuvia.

Tuotantomittakaavassa esikäsitellyt näytteet tulostettiin tuotannossa normaalista käytettävän levyisille kankaille. Tällöin myös testikuvan koko oli suurempi. Näiden näytteiden tulostus vastasi normaalia tuotantoa.

7.2 Värin kiinnitys raamissa, pesu ja kuivaus

Tulostuksen jälkeen tulosteet ajetaan läpi raamista, jolloin värit kiinnittyvät. Raamin lämpötila on 177 °C ja kangas viipyy raamissa noin 90 sekuntia. Tämän jälkeen tulosteet pestään. Pesuprosessi käsittää huuhtelun, pelkistävän pesun ja huuhtelut. Tämän jälkeen tulosteet ajetaan uudelleen läpi raamista 140 °C:ssa, jolloin kangas kuivuu ja palautuu oikeisiin mittoihin. Raamista tuleva kangas rullautuu pakalle. Tämän jälkeen kangas on valmis leikkuuta ja ompelua varten.

Raamin lämpötilassa saattaa olla vaihtelua, mikä voi vaikuttaa tulosteen lopulliseen laatuun, muun muassa värien kirkkauteen. Tämän vuoksi kukin näytesarja raamitettiin yhdellä kertaa, jotta näytteet olisivat keskenään vertailukelpoisia.

8 VÄRINMITTAUS JA LEVIÄMISEN TARKASTELU

Esikäsiteltyjen ja tulostettujen näytteiden värien kirkkautta ja läpimenoa tarkasteltiin värimittauksen avulla. Värimittauksessa käytettiin Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratorion Minolta Spectrophotometer CM-3610d –merkkistä värimittauslaitetta. Laitteisto on esitetty kuvassa 6. Kuvassa 7 on mittauksissa käytetty näytepää, jonka mittausaukon halkaisija on 7 millimetriä. Valonlähteenä käytettiin D65/10-valoa.



Kuva 6. Värimittauslaitteisto. (Kuva: Katri Sandberg 2011)

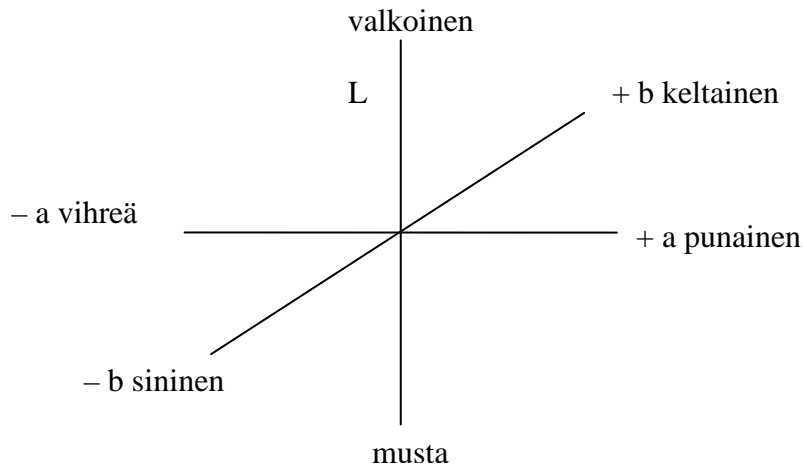


Kuva 7. Värimittauslaitteen näytepää. (Kuva: Katri Sandberg 2011)

Värimittauslaitteen näytealustan väri on musta. Tekstiileille värimittauksia suorittaessa käytetään yleensä valkoista alustaa. Tämän työn mittauksia tehtäessä käytettiin näytteiden alustana moninkertaista valkoista paperia.

Värimittaus tuloksista tarkasteltiin CIELAB-värikoordinaatiston avulla. Koordinaatistossa värit esitetään L-, a- ja b-arvojen avulla. Kuviossa 2 on esitetty periaatekuva CIE-

LAB-värikoordinaatistosta. L-akseli kuvaa värin vaaleutta; mitä suurempi L:n arvo, sitä vaaleampi sävy ja vastaavasti mitä pienempi L:n arvo, sitä tummempi sävy. B-akselin ääripäinä ovat sininen ja keltainen ja a-akselin ääripäinä vihreä ja punainen. Värimittauksia tarkasteltaessa vertailtiin keskenään näytteistä mitattuja L-, a- ja b-arvoja.



Kuvio 2. Periaatekuva CIELAB värikoordinaatisto.

Molemmille kangaslaaduille tehtiin mittauksia kankaan oikealta puolelta, 115 g/m² kankaalle myös nurjalta puolelta läpimenon tarkastelemiseksi. Värimittauksia tehtiin seuraaville väreillä:

115 g/m² kangas

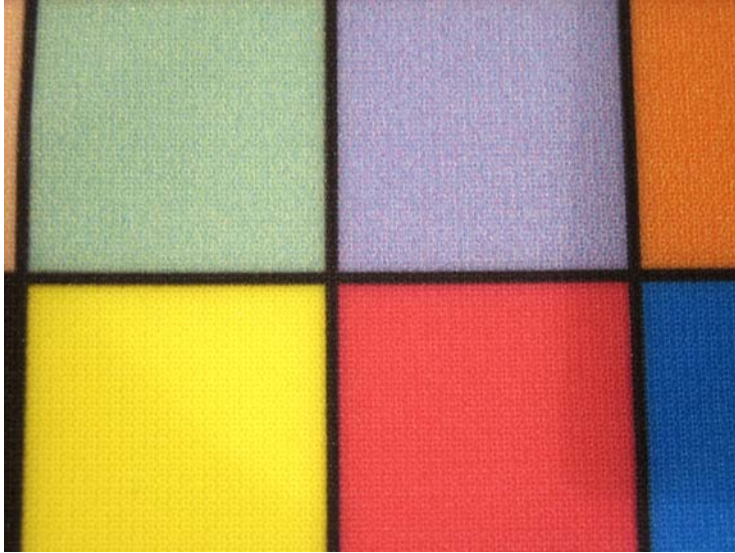
- 40 % 3-väri harmaa kankaan oikealta puolelta
- 100 % keltainen kankaan oikealta puolelta
- 100 % keltainen kankaan nurjalta puolelta
- 100 % musta kankaan oikealta puolelta
- 100 % musta kankaan nurjalta puolelta
- 100 % syaani kankaan oikealta puolelta

210 g/m² kangas

- 40 % 3-väri harmaa kankaan oikealta puolelta
- 70 % lila kankaan oikealta puolelta
- 100 % musta kankaan oikealta puolelta
- 100 % syaani kankaan oikealta puolelta

Kaikki värimittauks tulokset löytyvät liitteestä 6.

Leviämistä tarkasteltiin visuaalisesti normaalissa huoneenvalossa. Huomiota kiinnitettiin erityisesti värialueiden reunojen terävyyteen ja pienten yksityiskohtien tarkkuuteen. Kuvassa 8 on esimerkki tulosteesta, jossa värialueiden reunat ovat terävät ja kuvassa 9 taas värit ovat levinneet. Silmämääräisesti tarkasteltiin myös eri värien välisiä sävyeroja.



Kuva 8. Esimerkki tulosteesta, jonka värialueiden reunat ovat terävät. (Kuva: Katri Sandberg 2011)



Kuva 9. Esimerkki tulosteesta, jonka värialueiden reunat ovat levinneet. (Kuva: Katri Sandberg 2011)

9 ESIKÄSITTELYKOKEIDEN TULOKSET

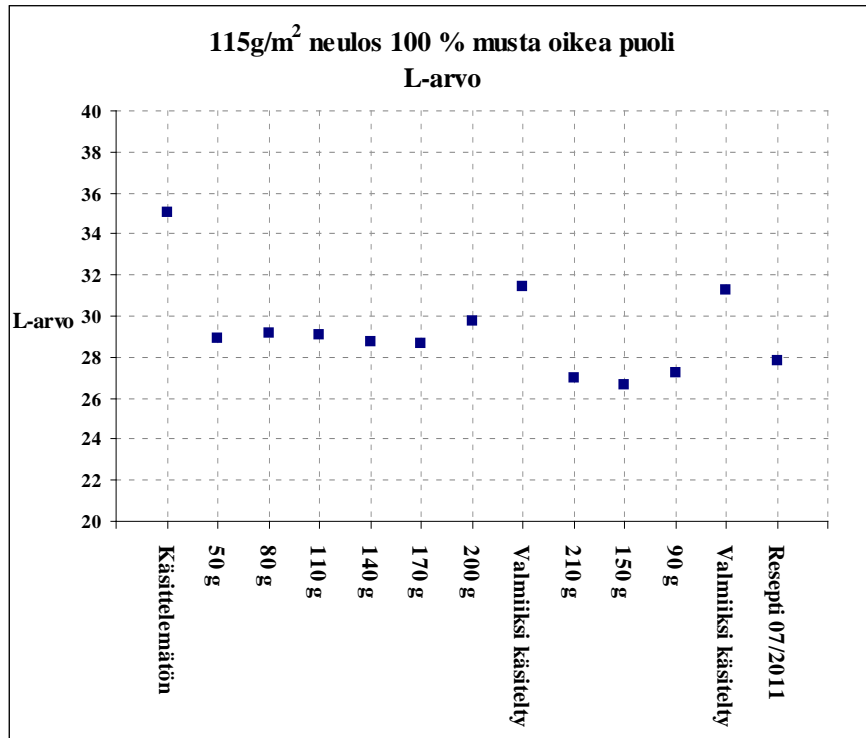
9.1 Värinmittaus

Värinmittaustuloksia tarkasteltiin CIELAB-värikoordinaatiston L-, a- ja b-arvojen kautta. CIELAB-värikoordinaatistoa on käsitelty lyhyesti luvussa 8. Värinmittaustuloksia tarkasteltaessa voidaan havaita, että esikäsitelyaineen määrällä ei näytä olevan suoraa verrannollisuutta saatuihin arvoihin. Esikäsitelyaineen määrän lisäämisen ei siis voitu havaita suoraan parantavan mittaustuloksia. Joidenkin mitattujen värien kohdalla käsittelemätön näyte sai odotusten mukaisesti eniten muista näytteistä poikkeavat ja huonoimmat tulokset, mutta joissakin väreissä käsittelemättömän ja muiden näytteiden erot olivat erittäin pieniä. Samaan aikaan esikäsiteltyjen näytteiden välillä ei useinkaan ole keskenään juuri eroa.

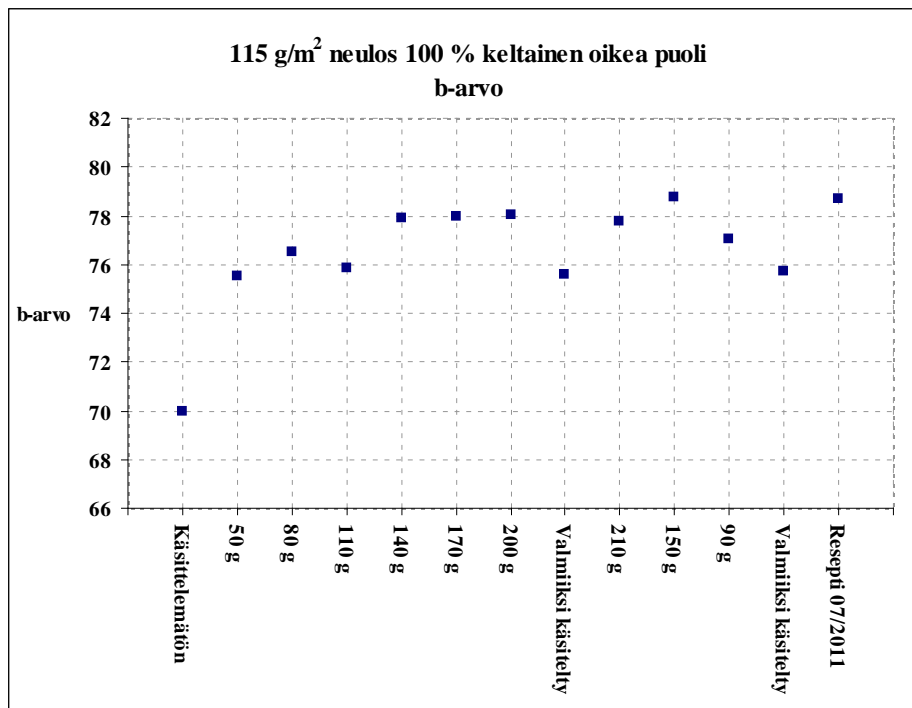
Kuvioissa 3-8 on esitetty osa värinmittaustuloksista graafisessa muodossa lähempää tarkastelua varten. Kuvioissa vaaka-akselilla ovat näytteet, joille mittauksia on tehty. Ensimmäisenä vasemmalla on käsittelemätön näyte, sen jälkeen ensimmäisen näytesarjan näytteet, jotka on nimetty sen mukaan, kuinka paljon niiden käsittelyssä on käytetty esikäsitelyainetta (50 g – 200 g). Näiden jälkeen tulee valmiiksi käsitelty näyte, joka on tulostettu ja jälkikäsitelty yhdessä edellä mainittujen kanssa. Seuraavana vaaka-akselilla ovat toisen näytesarjan näytteet, jotka myös on nimetty sen mukaan, kuinka paljon niiden käsittelyssä on käytetty esikäsitelyainetta. Viimeisinä oikealla ovat valmiiksi käsitelty näyte ja tuotantomittakaavassa käsitelty näyte, jotka on tulostettu ja jälkikäsitelty samaan aikaan. Tuotantomittakaavan näyte on nimetty esikäsitelyreseptin käyttöajankohdan mukaan; resepti 07/2011 (neulos 115 g/m²) ja resepti 09/2011 (210g/m²). Kuvioissa pystyakselilla on CIELAB-värikoordinaatiston mukainen L-, a- tai b-arvo.

Kuviota 3 tarkasteltaessa huomataan, että 115 g/m² -neuloksessa käsittelemättömän näytteen L-arvo 100 % mustaa mitattaessa on odotusten mukaisesti huonoin. Yllättävänä voidaan pitää, että valmiiksi käsiteltyjen näytteiden L-arvot ovat seuraavaksi huonoimmat. Vaihtelu laboratoriomittakaavassa esikäsiteltyjen näytteiden välillä on vähäistä sekä ensimmäisen että toisen näytesarjan sisällä. Laboratoriossa sekä tuotanto-

mittakaavassa esikäsiteltyjen näytteiden L-arvot ovat parempia kuin valmiiksi esikäsiteltyjen näytteiden.



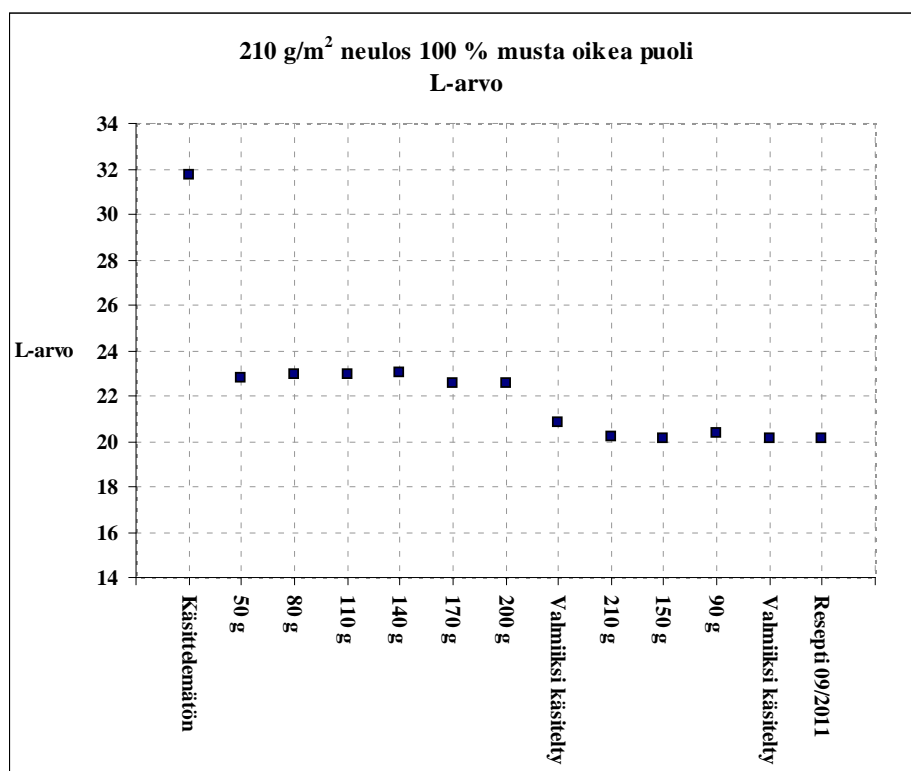
Kuvio 3. 115 g/m² -neuloksen L-arvo 100 % mustassa oikealla puolella.



Kuvio 4. 115 g/m² -neuloksen b-arvo 100 % keltaisella oikealla puolella.

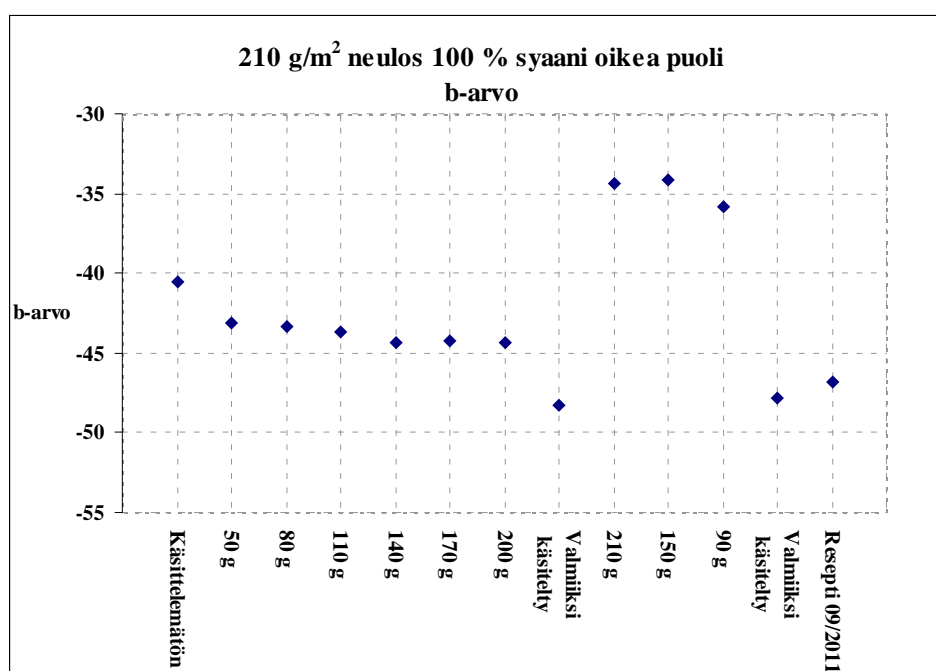
Kuvio 4 havainnollistaa 115 g/m^2 -neuloksen b-arvoja 100 % keltaista mitattaessa. Kuvioista voidaan havaita, että käsittelemättömän näytteen b-arvo on huonoin ja muista näytteistä selkeästi poikkeava. Toisen näytesarjan näyte, jossa esikäsitteilyainetta on 150 g/l ja tuotantomittakaavassa esikäsitelty näyte (resepti 07/2011) saavat parhaat b-arvot. Tämän värin kohdalla ei ole havaittavissa sitä, että samaan aikaan esikäsiteltyjen näytteiden välillä ei olisi juuri eroa, toisaalta ei myöskään voida havaita korrelaatiota esikäsitteilyaineen määrän ja b-arvon välillä. Suurin osa itse esikäsitellyistä saa kuitenkin paremman b-arvon kuin valmiiksi esikäsitellyt näytteet.

Kuviossa 5 on esitetty graafisesti 210 g/m^2 -neuloksen L-arvot mitattaessa 100 % mustaa. Kuvioista huomataan, että odotusten mukaisesti käsittelemättömän näytteen L-arvo poikkeaa selvästi muista näytteistä huonoimmalla arvolla. Toisen esikäsitteilyserjan ja tuotantomittakaavassa esikäsitellyn näytteen (resepti 09/2011) L-arvot ovat hyvin lähellä valmiiksi esikäsiteltyjen näytteiden arvoja. Mittaustuloksista on tämän neuloksen ja värin kohdalla havaittavissa, että samaan aikaan esikäsiteltyjen näytteiden välillä ei juuri ole eroa.



Kuvio 5. 210 g/m^2 -neuloksen L-arvo 100 % mustalla oikealla puolella.

Kuvion 6 avulla voidaan tarkastella 210 g/m^2 -neuloksen b-arvoja 100 % syaania mittaessa. Kuviosta voidaan havaita, että tuotantomittakaavassa käsitelty näyte (resepti 09/2011) pääsee b-arvossa lähimmäksi valmiiksi esikäsiteltyjä näytteitä. Huomionarvoista on toisen näytesarjan arvojen suuri poikkeavuus muista näytteistä. Ilmiö on havaittavissa myös 100 % syaanin L- ja a-arvoissa, 70 % lilan L-, a- ja b-arvoissa, sekä 40 % 3-väri harmaan L-arvossa (liite 6). Ilmiö voisi selittyä toisen näytesarjan esikäsitteilyn epätasaisuudella. Esikäsitteilyainetta on joko liian vähän sellaisissa kohdissa, joista se on valunut pois, tai liian paljon sellaisissa kohdissa, joihin sitä on valumisen seurauksena kertynyt.

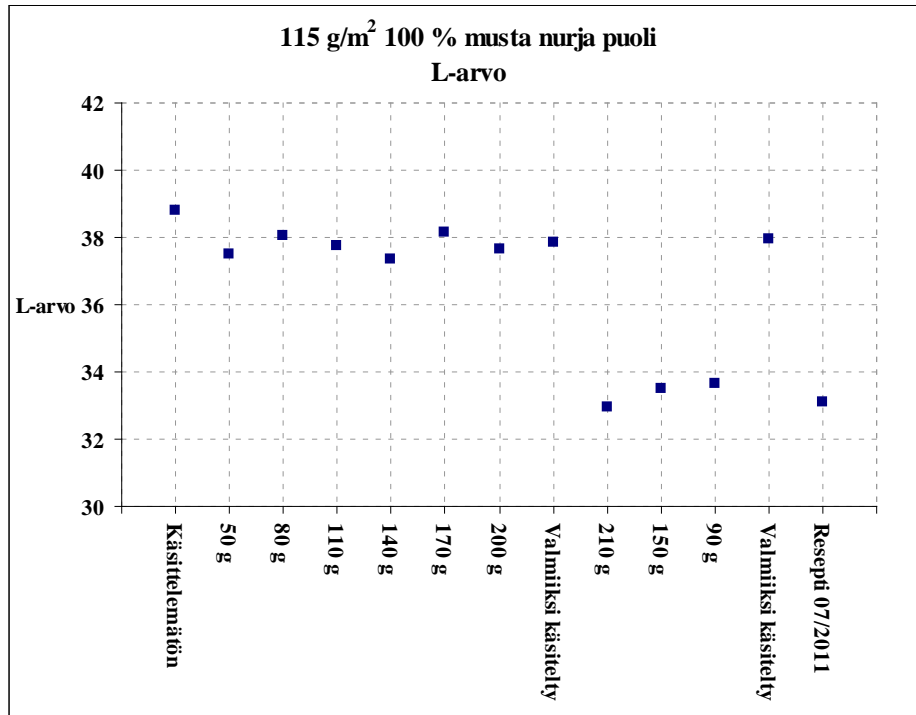


Kuvio 6. 210 g/m^2 -neuloksen b-arvo 100 % syaanilla oikealla puolella.

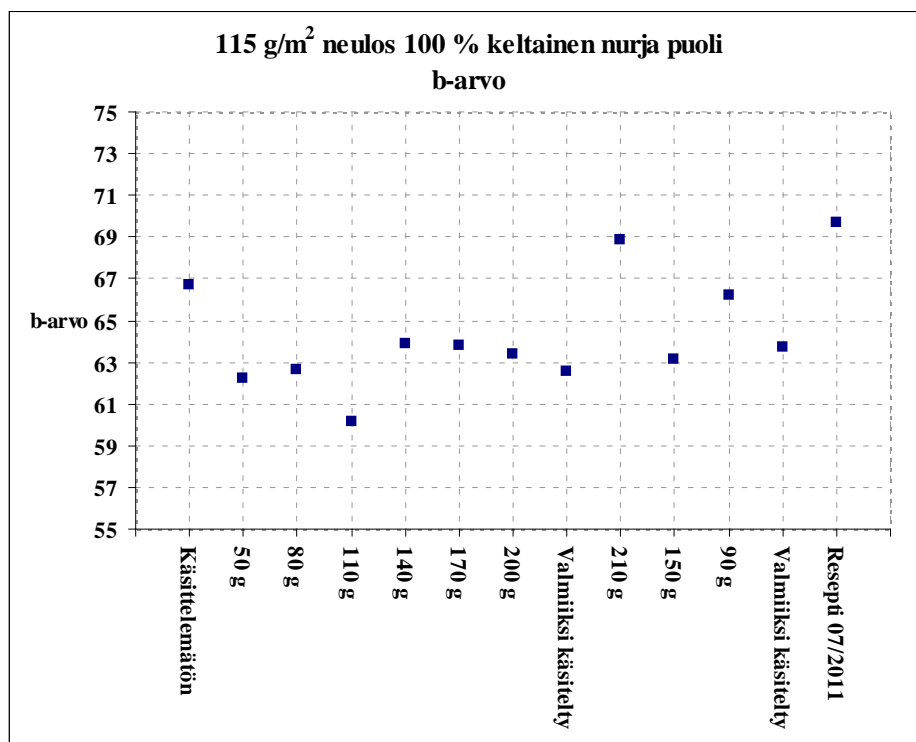
Kuvioiden 7 ja 8 avulla voidaan tarkastella värien läpimenoa 115 g/m^2 -neuloksessa. Mittaukset on siis tehty neuloksen nurjalta puolelta. Kuviossa 5 tarkastellaan 100 % mustan L-arvoja, kuviossa 6 taas 100 % keltaisen b-arvoja.

Kuviosta 7 havaitaan, että paras läpimeno eli pienin L-arvo näyttää olevan tuotantomittakaavassa esikäsitellyllä näytteellä sekä toisen näytesarjan näytteillä. Nämä saavat selkeästi paremmat arvot kuin valmiiksi esikäsitellyt näytteet, jotka yllättäen saavat hyvin samansuuruiset arvot kuin kokonaan käsittelemätön näyte. Kuviosta 8 huomataan, että 100 % keltaisessa samaan aikaan esikäsiteltyjen näytteiden välillä on enemmän vaihtelua kuin 100 % mustassa, mutta tuotantomittakaavassa esikäsitelty näyte saa tässä par-

haan b-arvon, eli sen läpimeno on paras. Kuvioiden 7 ja 8 perusteella voitaneen siis todeta, että resepti 07/2011 on läpimenon kannalta onnistunut.



Kuvio 7. 115 g/m² -neuloksen L-arvo 100 % mustalla nurjalla puolella.



Kuvio 8. 115 g/m² -neuloksen b-arvo 100 % keltaisella nurjalla puolella.

9.2 Leviämisen ja sävyerojen tarkastelu

Ensimmäisen näytesarjan näytteitä tarkasteltaessa havaittiin, että kummassakin neuloksessa sävyerot eri näytteiden välillä olivat toisiinsa verrattuna varsin vähäisiä. Valmiiksi esikäsiteltyyn neulokseen verrattaessa sävyerot joidenkin värien kohdalla olivat kuitenkin havaittavia. Eri näytteiden välillä oli eroja tulostusjäljen terävyydessä, mutta näitä eroja aiheutti todennäköisesti jo tulostusjäljen vaihteleva laatu. Terävyyseroja oli valmiiksi esikäsiteltyjenkin näytteiden välillä.

Toisen esikäsiteltyjen näytteiden välillä ei myöskään havaittu merkittäviä eroja leviämisen suhteen, vaan näytteet olivat terävyydeltään hyvin samanlaisia. Verrattaessa kummankin neuloksen näytteitä keskenään ei havaittu juuri sävyeroja. Kun näytteitä verrattiin viimeisimpään valmiiksi esikäsiteltyyn näytteeseen, voitiin havaita joidenkin värien kohdalla selkeitä sävyeroja. Erityisesti 210 g/m² –neuloksessa 100 % syaanin kohdalla sävyero oli hyvin selkeä. Sama havainto tehtiin myös värinmittauksessa. 210 g/m² –neuloksen näytteiden terävyys oli hyvin samaa tasoa kuin valmiiksi esikäsitellyn näytteet, 115 g/m² –neuloksen suhteen voitiin todeta, että valmiiksi esikäsitellyn näytteen terävyys oli parempi. Jälkimmäisen neuloksen kohdalla havaittiin myös, että neuloksen tuntu oli erilainen, jollain tapaa kovempi, kuin muiden näytteiden. 210 g/m² –neuloksen nurjalla puolella havaittiin leimaamista, eli kankaan oikealta puolelta oli siirtynyt väriä kankaan nurjalle puolelle kankaan ollessa rullattuna.

Viimeiseksi vertailtiin keskenään tuotantomittakaavassa esikäsiteltyjä näytteitä ja samaan aikaan tulostettuja valmiiksi esikäsiteltyjä näytteitä. Näitä näytteitä tarkasteltaessa havaittiin joiden värien kohdalla sävyeroja itse esikäsiteltyjen ja valmiiksi esikäsiteltyjen näytteiden välillä. 115 g/m² –neuloksen osalta voitiin todeta, että värialueiden reunat olivat yhtä terävät sekä itse että valmiiksi esikäsiteltyjen näytteiden välillä, eikä leviämistä ollut havaittavissa. Värien läpimeno vaikutti molemmissa näytteissä yhtä hyvältä, tosin kuten oikeaa puoltakin tarkasteltaessa, joitakin sävyeroja oli näytteiden nurjalta puolelta havaittavissa. 210 g/m² –neuloksen terävyyttä tarkasteltaessa huomattiin, että itse esikäsitellyn näytteet yksityiskohdat olivat terävämät kuin valmiiksi esikäsitellyn näytteen. Nurjalla puolella oli jälleen havaittavissa leimaamista itse esikäsitellyssä näytteessä.

10 PALO-OMINAISUUKSIEN TESTAUS

Varsinaisten esikäsitteilykokeiden ohella haluttiin tutkia myös polyesteriloimineulosten palo-ominaisuuksia. Tutkittavat materiaalit olivat rakenteeltaan, materiaaliltaan ja ne-liöpainoltaan samoja, joita esikäsitteilykokeissa käytettiin. Palo-ominaisuuksia testattiin paitsi käsittelemättömistä raakaneuloksista, myös kankaiden valmistajan palosuojaamista sekä Printscorpion itse palosuojaamista kankaista. Printscorpion itse palosuojaamisissa näytteissä käytettiin esikäsitteilyssäkin käytettyjä kemikaaleja.

Työssä oli mukana seuraavanlaiset näytteet:

Näyte E: käsittelemätön 210 g/m² neulos, ei tulostettu, ei pesty

Näyte F: valmistajan palosuojaama 210 g/m² neulos, tulostettu, ei pesty

Näyte G: valmistajan palosuojaama 210 g/m² neulos, tulostettu, pesty

Näyte C: Printscorpion palosuojaama 210 g/m² neulos, tulostettu, ei pesty

Näyte B: Printscorpion palosuojaama 210 g/m² neulos, tulostettu, pesty

Näyte R: käsittelemätön 115 g/m² neulos, ei tulostettu, ei pesty

Näyte K: Printscorpion palosuojaama 115 g/m² neulos, tulostettu, pesty

Palotestauksia tehtiin ensin Tampereen ammattikorkeakoulun tekstiililaboratorion palotestauslaitteella, jossa testattava näyte on 45° kulmassa. Testausstandardina käytettiin SFS 5464:ää, jolla tutkitaan syttymistä ja liekin leviämistä. Myöhemmin saatiin käyttöön myös uusi palotestauslaite, jossa testattava näyte on pystysuorassa. Tällä laitteella testattaessa päätettiin käyttää standardia SFS-EN ISO 6940, jolla tutkitaan syttymisherkkyyttä. Harkinnassa oli myös käyttää standardia SFS-EN ISO 6941, jolla tutkitaan liekin leviämistä. Valinta kohdistui kuitenkin ensin mainittuun, koska ensimmäisellä laitteella tehdyissä testauksissa havaittiin, että testattavat materiaalit sammuvat pääsääntöisesti itsestään, eikä palovaurio muodostu kovin suureksi. SFS-EN ISO 6941 standardissa tarkastellaan aikaa, joka kuluu liekin leviämiseen tietyille etäisyyksille näytteen reunasta asetettuihin merkkilankoihin asti. Testattavista materiaaleista kokeiltiin polttaa standardin SFS-EN ISO 6941 mukaisia näytteitä, jolloin havaittiin, että liekki ei useimmiten leviä edes ensimmäiseen merkkilankaan asti. Näin ollen todettiin, että mielenkiintoisempia ja vertailukelpoisempia tuloksia voidaan saada syttymisherkkyyttä testaamalla.

10.1 Standardin SFS 5464 mukaan tehty testaus

Ensimmäinen palotestaussarja suoritettiin standardin SFS 5464 Tekstiilit. Palo-ominaisuudet. Syttyminen ja liekin leviäminen mukaan. Standardin mukaisella menetelmällä määritetään yksi- tai monikerroksisten tekstiilituotteiden syttymis- ja liekinleviämisoiminaisuuksia näytteiden ollessa 45° kulmassa. Testissä käytetään 150 mm x 70 mm kokoisia koepaloja, jotka kiinnitetään näytekehukseen ja näytekehys asetetaan polttokammioon. Näyte asetetaan 45° kulmaan ja 16 mm mittainen liekki kohdistetaan 19 mm etäisyydelle näytteen alareunasta. Merkkilanka kiinnitetään 127 mm etäisyydelle sytytyspisteestä. Testissä tarkastellaan syttymisaikaa, liekin leviämisaikaa ja palovaurion pituutta. (SFS 5464 1989, 1-4.) Standardin ohjeista poiketen näytteitä ei kuivattu kuivatusuunissa ja jäädytetty eksikaattorissa, vaan ne testattiin normaalissa huonelämpötilassa ja -kosteudessa.

Kuvassa 10 on testissä käytetty Atlas AFC –polttokammio ja kuvassa 11 näytepidike.



Kuva 10. Palotestauslaite 45°:een näytteelle. (Kuva: Tampereen ammattikorkeakoulun tekstiililaboratorio)



Kuva 11. Näytepidike. (Kuva: Katri Sandberg 2011)

Tämän standardin mukaisesti oli tarkoitus testata materiaalit E, F, G, B ja C. Ennen varsinaisia testejä suoritettiin esitestit, joissa kustakin testattavasta materiaalista testattiin yksi näyte vaaka- ja poikkisuuntaan sekä oikealta että nurjalta puolelta. Tällä haluttiin havainnoida, onko materiaalien palokäyttäytymisessä eroa eri suunnissa. Esitestien jälkeen päädyttiin ottamaan varsinaiset koekappaleet pystysuunnassa materiaalin oikealta puolelta, eli materiaaleista valmistettavien tuotteiden käyttösuunnan mukaisesti.

Huomionarvoista on, että esitesteissä havaittiin materiaalien B ja C palosuojauksen epäonnistuneen. Niiden palo-ominaisuudet olivat oleellisesti näytettä E, eli käsittelemätöntä neulostakin huonommat. Näin ollen päätettiin jättää nämä materiaalit varsinaisten testien ulkopuolelle. Syy palosuojauksen epäonnistumiseen ei selvinnyt.

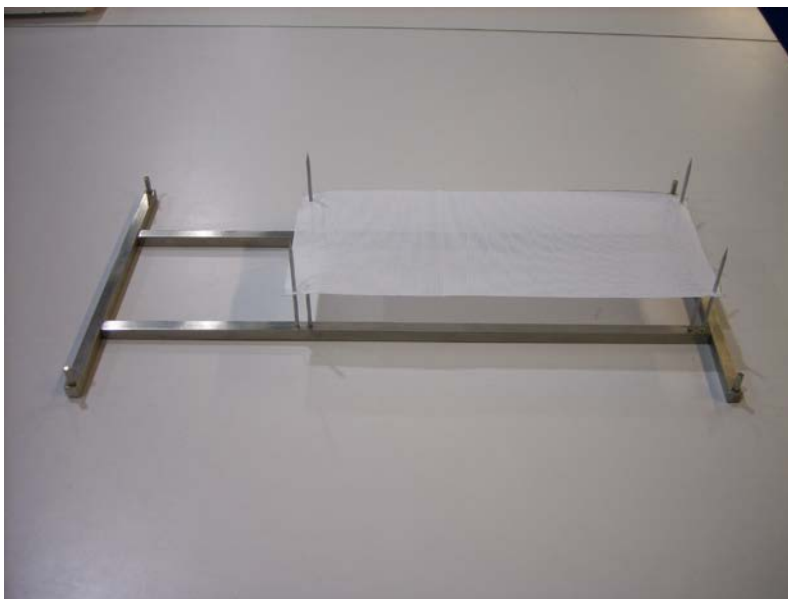
Varsinaiset testit suoritettiin siis materiaaleille E, F ja G. Kustakin materiaalista testattiin kymmenen näytettä. Testeissä todettiin, että yhtä näytettä lukuun ottamatta näytteet eivät palaneet merkkilankaan asti. Näin ollen liekin etenemisaikaa (aika sytyttämishetkestä merkkilangan katkeamiseen) ei huomioitu tuloksia tarkastellessa.

10.2 Standardin SFS-EN ISO 6940 mukaan tehty testaus

Materiaalien palo-ominaisuuksia tutkittiin edelleen standardin SFS-EN ISO 6940 Tekstiilit. Palo-ominaisuudet. Syttymisherkkyuden määrittäminen pystysuorilla näytteillä mukaan. Standardissa esitetyllä menetelmällä voidaan määrittää yksikerroksisten tai monikerroksisten tekstiilien tai tuotteiden syttymisherkkyys, kun näyte on pystysuorassa ja siihen kohdistuu pieni määritelty liekki. (SFS-EN ISO 6940 2004, 1 ja 8)

Testissä käytetään 200 mm x 80 mm kokoisia näytepaloja, jotka kiinnitetään näytepidikkeeseen. Pidike näytteineen kiinnitetään testauslaitteeseen. Ensimmäiseen koekappaleeseen kohdistetaan liekki ajaksi, joka on suunnilleen lyhin mahdollinen syttymisaika. Jos näyte syttyi, seuraavan näytteen syttymisaikaa lyhennetään sekunnilla. Jos näyte ei syttynyt, seuraavan näytteen syttymisaikaa pidennetään sekunnilla. Testausta jatketaan, kunnes on saatu vähintään viisi syttynyttä ja viisi ei syttynyttä näytettä. Keskimääräisen syttymisajan selvittämiseksi lasketaan keskiarvo ajoista, joissa on sattunut syttyminen tai ei-syttyminen, sen mukaan kumpaa esiintyy vähemmän. Jos ei-syttymisiä on vähemmän, keskiarvoon lisätään 0,5 sekuntia, jos syttymisiä on vähemmän, vähennetään keskiarvosta 0,5 sekuntia. Tulos pyöristetään lähimpää sekuntiin ja ilmoitetaan näytteen keskimääräisenä syttymisaikana. (SFS-EN ISO 6940 2004, 8-26.) Standardista poiketen näytteitä ei ilmastoitu vakiokoeolosuhteissa, vaan ne testattiin normaalissa huoneenlämpötilassa ja -kosteudessa. Testeissä käytettiin reunasytytystä.

Kuvassa 12 on näytepidin ja kuvassa 13 palotestauslaite SDL Atlas M233B Autoflamm.



Kuva 12. Näytepidin. (Kuva: Katri Sandberg 2011)



Kuva 13. Palotestauslaite SDL Atlas M233B Autoflamm. (Kuva: Katri Sandberg 2011)

Tämän standardin mukaisesti testattiin materiaalit E, F, G, R ja K. Kustakin materiaalista testattiin näytteet pystysuuntaan oikealta puolelta, näytteestä F vertailun vuoksi myös pystysuunta nurjalta puolelta sekä vaakasuunta oikealta ja nurjalta puolelta.

10.3 Palotestien tulokset

Standardin SFS 5464 mukaan tehtyjen testien tulokset löytyvät kokonaisuudessaan liitteestä 7. Näytteiden keskimääräisiksi syttymisajoiksi saatiin:

näyte E 1,6 s,

näyte F 1,3 s

näyte G 2,0 s.

Näytteiden palovaurioiden keskimääräiseksi pituudeksi saatiin:

näyte E 85,9 mm,

näyte F 16,9 mm

näyte G 68,3 mm

Kuten kappaleessa 10.1 mainittiin, vain yksi näyte paloi merkkilankaan asti, muut sammuihin itsekseen ennen sitä. Kun näyte sammuu itsestään, sen luokitellaan syttyvyysluokkaan 2, vaikka syttymisaika olisi ≤ 2 sekuntia. Näin ollen kaikki materiaalit E, F ja G voidaan luokitella kuuluvaksi SL 2:een (taulukko 1).

Tuloksia lähemmin tarkasteltaessa huomataan, että lyhyimmän syttymisajan saaneen näytteen F palovaurion pituus on pienin. Näyte F siis oli kankaan valmistajan palosuojaa, tulostettu, mutta ei pesty. Näytteelle saatuja tuloksia voitaisiin tulkita niin, että pesemättömässä kankaassa on paljon esikäsittelyaineita ynnä muita kemikaaleja, jotka johtavat tuotteen nopeaan syttymiseen, mutta toisaalta tuotteessa on juuri pesemättömyytensä takia myös eniten palonsuoja-ainetta, joka aikaansaa nopean sammumisen ja siten lyhyen palovaurion. Vastaavasti näyte G, joka on palosuojauksen ja tulostuksen jälkeen pesty, syttyy hitaammin kuin näyte F, mutta sen palovaurio on huomattavasti isompi. Näytteessä G on siis vähemmän kemikaaleja, jotka edistävät syttymistä, mutta toisaalta myös vähemmän palonsuoja-ainetta, jolloin palaminen jatkuu pidempään. Täysin käsittelemättömän näytteen E syttymisaika sijoittuu ehkä yllättäen edellä mainittujen näytteiden väliin, mutta palovaurion pituus taas on ennako-odotusten mukaisesti suurin.

Standardin SFS-EN ISO 6940 mukaan tehtyjen testien tulokset löytyvät kokonaisuudessaan liitteestä 8. Standardin mukaisesti lasketuiksi keskimääräisiksi syttymisajoiksi saatiin:

näyte E 0 s,

näyte G 0 s,

näyte R 1,9 s \approx 2,0s,

näyte K 0 s,

näyte F pystysuunta oikea puoli 1,5 s \approx 2,0 s,

näyte F vaakasuunta oikea puoli 1,5 s \approx 2,0 s,

näyte F pystysuunta nurja puoli 1,5 s \approx 2,0 s,

näyte F vaakasuunta nurja puoli 1,5 s \approx 2,0 s.

Nollan sekunnin syttymisajat johtuvat standardin määräämästä laskentatavasta. Jos ei-syttymisiä on tapahtunut vähemmän kuin syttymisiä, lasketaan keskiarvo niistä. Esimerkiksi näyte E syttyi viisi kertaa yhden sekunnin sytytysajalla. Ei-syttymisiä tapahtui näin ollen nolla kappaletta, mutta standardin mukaisesti keskiarvo lasketaan niistä. Eri-

laisesta keskimääräisen syttymisajan laskentatavasta johtuen tulokset eivät ole suoraan verrannollisia standardin SFS 5464 mukaan tehtyjen testausten tuloksiin. Toisaalta myös syttymisaika on määritetty eri tavalla: standardissa SFS 5464 kelloitetaan käsin aika siitä kun liekki koskettaa kangasta siihen, kun syttyminen tapahtuu. Standardissa SFS-EN ISO 6940 taas käytetään vakiomittaisia sytytysaikoja ja tarkastellaan tapahtuiko syttyminen vai ei.

Standardin SFS-EN ISO 6940 tulosten perusteella ei voida antaa syttyvyysluokitusta samaan tapaan kuin standardin SFS 5464 tulosten mukaan. Tulokset antavat kuitenkin lisätietoa materiaalien palokäyttäytymisestä.

Saatuja tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava testaajasta mahdollisesti johtuvat inhimilliset virheet. Standardin SFS 5464 mukaan tehdyissä testeissä syttymisaika kelloitettiin sekuntikellolla, jolloin testaajan reaktioaika voi vaikuttaa tuloksiin. Molempien standardien mukaisissa testeissä testaajan tuli havainnoida, tapahtuiko syttyminen vai ei. Tämä oli ajoittain melko hankalaa, etenkin sellaisten näytteiden kohdalla, jotka samuivat käytännössä heti liekin vaikutuksen lakattua tai joiden kohdalla oli epäselvää, tapahtuiko syttyminen vai liekistä pois sulaminen ilman syttymistä. Tulokset syttymisen tapahtumisesta ovat siis testaajan tulkinnasta kiinni. Standardeissa ei määritellä, mikä lasketaan syttymiseksi ja mitä ei.

11 KUSTANNUSVERTAILU

Kustannusvertailun avulla oli tarkoitus selvittää, onko itse tehty esikäsitteily taloudellisempaa kuin valmiiksi esikäsiteltyjen neulosten ostaminen. Kustannusvertailua varten laskettiin, kuinka paljon esikäsitteily tulee maksamaan neuloksen neliötä kohti (€/m²). Tätä neliöhintaa pystyttiin vertaamaan tietoon, kuinka paljon enemmän valmiiksi esikäsitteily neulos maksaa käsittelemättömään neulokseen verrattuna.

Valmiiksi esikäsiteltyjen neulosten hintaero käsittelemättömiin neuloksiin oli:

115 g/m² –neulosta vastaava 110 g/m² –neulos 0,39 €/m²

210 g/m² –neulosta vastaava 205 g/m² –neulos 0,59 €/m².

Esikäsitteilyn kustannukset muodostuvat esikäsitteilyliuoksen hinnasta sekä palkka-, energia- ja pääomakustannuksista. Esikäsitteilyn hinta neliötä kohti voidaan laskea seuraavaa kaavaa käyttäen:

Esikäsitteilyn hinta = (Ajon aloitus- ja lopetuskustannukset + (liuoksen määrä * liuoksen hinta) + (esikäsitteilyyn kuluva aika * palkka-, energia- ja pääomakustannukset) / neliöt

Laskelmaa varten tarvitaan seuraavat tiedot:

- Neuloksen neliöpaino (kg/m²)
- Neuloksen leveys (m)
- Neuloksen pituus (m)
- Käsiteltävän neuloksen neliömäärä (m²)
- Liuoksen hinta (€/kg)
- Pick-up (%)
- Liuoksen määrä (kg)
- Ajon aloitus- ja lopetuskustannukset (€)
- Raamin palkka-, energia- ja pääomakustannukset (€/h)
- Esikäsitteilyn nopeus (jm/min)
- Esikäsitteilyyn kuluva aika (h)

Neuloksen neliömäärä saadaan neuloksen leveyden ja pituuden tulona.

Esikäsitteilyliuoksien hinta €/kg voidaan laskea liitteessä 4 esitettyjen reseptien sekä seuraavien liuoksissa käytettävien aineiden yksikköhintojen avulla.

Chiptex DS Base NW	4,15 €/kg
Apyrol	8,90 €/kg
Prisulon CRF-50	4,78 €/kg
Termoprint	5,35 €/kg
Kollasol CDO	4,85 €/kg
Vesi	0,00105 €/kg

Esikäsitteilyliuosten hinnoiksi saadaan näiden perusteella:

Neulos 115 g/m² ≈ 1,068 €/kg

Neulos 210 g/m² ≈ 1,365 €/kg

Esikäsitteilyssä pick-up-tavoite on 70–80 %. Laskelmassa pick-up:na on käytetty 75 %.

Tarvittavan liuoksen määrä saadaan laskettua kertomalla keskenään neuloksen neliöpaino (yleensä g/m², tässä kg/m²), esikäsiteltävän neuloksen neliömäärä (m²) ja pick-up (%). Hukkaan menevää liuosta ei ole huomioitu laskelmassa, koska sen määrä on pieni. Ylimääräinen esikäsitteilyliuos (esimerkiksi fulardin allasvara) kerätään talteen ja käytetään uudelleen seuraavalla esikäsitteilykerralla.

Palkka-, energia- ja pääomakustannukset ovat 75 €/h. Esikäsitteilyyn kuluva aika riippuu esikäsiteltävän neuloksen pituudesta. Esikäsitteilyn nopeus on noin 10 juoksumetriä minuutissa (jm/min). Esikäsitteilyyn kuluva aika voidaan laskea jakamalla esikäsiteltävän neuloksen pituus (m) esikäsitteilyn nopeudella (jm/m). Tulokseksi saatava minuuttimäärä tulee vielä muuntaa tunneiksi. Aloitukseen ja lopetukseen kuluu aikaa aina noin 30 minuuttia, eli niiden kustannukset ovat 37,5 €

Seuraavassa on esitetty esimerkkilasku esikäsitteilyn kustannuksista tarvittavine lähtötietoineen:

- Neuloksen neliöpaino: 0,115 kg/m²
- Neuloksen leveys: 2 m
- Neuloksen pituus: 100 m
- Käsiteltävän neuloksen neliömäärä: 200 m²
- Liuoksen hinta: 1,068 €/kg
- Pick-up 75 %
- Liuoksen määrä 17,25 kg
- Ajon aloitus- ja lopetuskustannukset 37,5 €
- Raamin palkka-, energia- ja pääomakustannukset: 75 €/h
- Esikäsitteilyn nopeus: 10 jm/min

- Esikäsitteilyyn kuluva aika: 10 min \approx 0,17 h

$$\text{Esikäsitteilyn hinta} = (37,5 \text{ €} + (17,25 \text{ kg} * 1,068 \text{ €/kg}) + (0,17 \text{ h} * 75 \text{ €/h})) / 200 \text{ m}^2 \approx 0,34 \text{ €/m}^2.$$

Esimerkin tapauksessa itse tehty esikäsitteily (0,34 €/m²) siis tulee edullisemmaksi kuin valmiiksi esikäsitellyn neuloksen (0,39 €/m²) ostaminen.

Taulukossa 3 on esitetty esimerkkejä esikäsitteilyn neliöhinnasta neulosten eri leveyksillä ja pituuksilla. Taulukosta nähdään, millaisilla neuloksen pituuksilla päästään suunnilleen samaan neliöhintaan valmiiksi esikäsitellyn kanssa, sekä miten kerralla käsiteltävän neuloksen määrän lisääminen vaikuttaa hintaan.

Taulukko 3. Esimerkkejä esikäsitteilyn neliöhinnoista.

Neuloksen neliöpaino (g/m ²)	Neuloksen leveys (m)	Neuloksen pituus (m)	Hinta (€/m ²)
115	2,0	80	0,39
115	2,0	150	0,28
115	1,8	90	0,39
115	1,8	150	0,30
115	1,5	120	0,38
115	1,5	150	0,34
115	1,2	160	0,39
115	1,2	200	0,35
210	2,0	60	0,59
210	2,0	150	0,40
210	1,8	70	0,58
210	1,8	150	0,42
210	1,5	90	0,58
210	1,5	150	0,46
210	1,2	120	0,58
210	1,2	200	0,48

Taulukon 3 perusteella voidaan todeta, että esikäsitteilyn tekeminen jo melko pienillekin neulosmäärille on taloudellisesti kannattavampaa kuin valmiiksi esikäsitellyn neuloksen ostaminen.

12 YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli löytää teknisesti ja taloudellisesti optimaaliset esikäsitteilymenetelmät kahdelle 100 % polyesteriloimineulokselle, joita käytetään digitaalisen mustesuihkutulostuksen tulostuspohjina. Lisäksi tarkoituksena oli tutkia kyseisten polyesteriloimineulosten palo-ominaisuuksia eri tavoin käsiteltyinä. Esikäsitteilyjen osalta voidaan todeta, että täysin optimaalisia menetelmiä ei onnistuttu löytämään. Menetelmiä onnistuttiin kuitenkin kehittämään sellaisiksi, että neulosten ominaisuudet ja tulostuksen laatu olivat verrattavissa valmiiksi esikäsiteltyihin neuloksiin. Työn kautta saatiin hyödyllisiä tietoja ja kokemuksia, joiden avulla tuote- ja tuotantomenetelmien kehitystä voidaan edelleen jatkaa. Tältä pohjalta työtä voidaan siis pitää melko onnistuneena. Palo-ominaisuuksien testaus tarjosi myös mielenkiintoista aineistoa, jonka pohjalta Prints-corporio Oy:llä voidaan pohtia palosuojattujen materiaalien käytön tarvetta.

Esikäsitteilykokeita suoritettaessa tehtiin monia havaintoja, joiden pohjalta esikäsitteilyreseptiä ja –prosessia kehitettiin. Tällaisia olivat esimerkiksi esikäsitteilyliuoksen runsas vaahtoaminen ja esikäsitteilyjen neulosten pilkullisuus ja liukkaus. Tehtyjä parannuksia olivat esimerkiksi reseptin kemikaalikoostumuksen muuttaminen (muun muassa optisten kirkasteiden pois jättäminen ja kostutinaineen ja vaahdonestoaineen lisääminen) ja esikäsitteilyliuoksen valmistamisen kehittäminen (muun muassa siilaaminen ja voimakkaan sekoituksen välttäminen).

Värimittaustuloksia tarkasteltaessa havaittiin, että esikäsitteilyaineen määrän lisääminen ei suoraan parantanut tuloksia. Esikäsitteilyjen näytteiden väliset erot olivat yllättävän vähäisiä. Tällä perusteella voidaan ajatella, että halutut ominaisuudet tai ainakin selkeä ero esikäsitellyn ja käsittelemättömän neuloksen välille voitaisiin saavuttaa jo pienilläkin esikäsitteilyaineen määrillä. Odottamattomana voidaan pitää myös sitä, että valmiiksi esikäsitellyt näytteet saivat joissakin mittauksissa hyvin samansuuntaisia arvoja kuin käsittelemättömät näytteet. Työn tavoitteiden kannalta voidaan pitää hyvänä sitä, että varsinkin tuotantomittakaavassa esikäsitellyt näytteet saivat usein arvoja, jotka olivat lähellä valmiiksi esikäsiteltyjä näytteitä tai parempiakin. Niiden läpimenon voitiin myös todeta olevan valmiiksi esikäsiteltyjä parempi.

Ristiriitaisuuksia värinmittaustuloksissa voivat aiheuttaa monet asiat. Ensimmäisen näytesarjan tulostusjälki ei ollut paras mahdollinen, koska pienistä paloista kootun näytesoiron tulostaminen oli hankalaa. Toisen näytesarjan esikäsittelyn laatu oli kuivauksen yhteydessä tapahtuneesta liuksen valumisesta johtuen huono. Nämä seikat ovat varmasti vaikuttaneet värinmittauksissa saatuihin tuloksiin. Tuotantomittakaavassa esikäsiteltyjen näytteiden ja samaan aikaan tulostettujen valmiiksi esikäsiteltyjen näytteiden esikäsittelyn tasaisuutta ja tulostusjälkeä voidaan pitää parhaiten onnistuneena ja sitä kautta niille tehtyjä värinmittauksia luotettavimpina. Kaikki värinmittaukset suoritettiin samalla laitteella, samanlaisella näytealustalla ja samankokoisella näytepöydällä, joten näistä johtuvien virheiden pitäisi olla hyvin vähäisiä. Kustakin näytteestä tehtiin useampia mittauksia, joten mittauksessa itsessään tapahtuneet virheet olisivat todennäköisesti tulleet esiin yksittäisen näytteen huomattavasti toisistaan poikkeavina tuloksina. Mittaajasta johtuvat virheet ovat tietysti aina mahdollisia.

Tarkasteltaessa näytteitä visuaalisesti leviämisen, yksityiskohtien terävyyden ja sävyerojen osalta tehtiin samansuuntaisia havaintoja kuin värinmittauksessakin. Laadullisesti parhaita viimeisiä näytteitä tarkasteltaessa tehtiin työn tavoitteiden kannalta positiivisia havaintoja. Yksityiskohtien terävyys oli tuotantomittakaavassa esikäsitellyssä 115 g/m² -neuloksessa yhtä hyvä ja 210 g/m² -neuloksessa parempi kuin valmiiksi esikäsitellyissä näytteissä. 115 g/m² -neuloksessa myös läpimeno näytti olevan yhtä hyvä kuin valmiiksi esikäsitellyssä näytteessä. Näytteissä oli joidenkin värien kohdalla silmin havaittavia sävyeroja, mutta nämä selittyivät esikäsitelymenetelmien eroilla.

Työtä tehtäessä tuli esiin myös yllättäviä ongelmia, kuten 210 g/m² -neuloksen leimaaminen. Leimaamisen epäillään johtuvan siitä, että kankaan liukkaus aiheuttaa kankaan hankautumisen itseään vasten rullattaessa. Muutkin syyt leimaamiseen ovat mahdollisia. Tämän työn puitteissa ei ehditty paneutua tarkemmin leimaamisen syihin tai siihen, miten leimaamisesta päästäisiin eroon.

Yleisesti ottaen Printsorpiolla ollaan melko tyytyväisiä tämän hetkisiin esikäsitelymenetelmiin. Itse esikäsitellyt neulokset toimivat pääsääntöisesti yhtä hyvin kuin valmiiksi esikäsiteltyinä ostetut. Yritys kokee saavansa etua siitä, että esikäsittelee tulostuspohjat itse, esimerkiksi varastonhallinta on helpompaa. Esikäsitelymenetelmien jatkokehittäminen on kuitenkin edelleen ajankohtaista, muun muassa leimausongelman ratkaisemiseksi.

Kustannusvertailun pohjalta voidaan todeta, että esikäsitteily tekeminen itse tulee jo melko pienilläkin määrillä edullisemmaksi kuin valmiiksi esikäsitellyn neuloksen ostaminen. Mitä suurempia määriä esikäsitteilyä tehdään kerralla, sitä pienemmiksi kustannukset (€m^2) muodostuvat.

Palotestaustulosten pohjalta voidaan pohtia, onko palosuojatun neuloksen ostaminen tai neuloksen palosuojaaminen itse mielekästä. Standardin SFS 5464 mukaan tehdyssä testeissä näytteille saatiin varsin pienet erot syttymisajan suhteen. Palovaurioiden pituuteen palosuojauksen havaittiin vaikuttavan positiivisesti. Kaikki näytteet kuitenkin voitiin tulosten perusteella luokitella syttyvyysluokkaan 2, jopa käsittelemätön raakaneulos. Printsorpiolla tehdyissä tuotantomittakaavan esikäsitteilykokeissa palosuojaa-aineen määrää vähennettiin kankaiden liukkauden vähentämiseksi. Olisi ollut mielenkiintoista tutkia, millainen vaikutus tällä on palo-ominaisuuksiin, mutta tämän työn aikana sitä ei ehditty tehdä. Työssä saatuja tuloksia silmällä pitäen voitaneen kuitenkin arvioida, että palosuojaa-aineen vähentäminen ei aiheuta suuria muutoksia palo-ominaisuuksiin.

Palotestauksia varten tehtyjen näytteiden B ja C palosuojaus oli epäonnistunut. Syytä tähän ei tämän työn puitteissa ehditty selvittää, mutta Printsorpiolla nousi esiin sellainenkin ajatus, että toimitettu näyte palosuojakemikaalista oli väärää kemikaalia. Mahdollista voisi olla myös palosuojausprosessissa tapahtunut virhe, jonka seurauksena palosuojaus on epäonnistunut. Joka tapauksessa tämä muistuttaa siitä, että palosuojausprosessia ja sen onnistumista on syytä tarkkailla.

Onko palosuojaukselle sitten ylipäättään tarvetta työssä tarkasteltujen materiaalien ja tuotteiden osalta? Tähän ei ole yksiselitteistä vastausta. Jos palosuojauksella, kankaan valmistajan tekemänä tai itse tehtynä, ei saada merkittävää parannusta kankaan palo-ominaisuuksiin, palosuojauksesta kertyy turhia kustannuksia. Toisaalta palosuojattujen tuotteiden myyntihintakin on korkeampi ja joissakin käyttökohteissa vaaditaan ehdottomasti palosuojattujen tuotteiden käyttöä. Palosuojattu tuote voi olla imagollisesti parempi ja myyvämpi kuin tavallinen tuote, vaikka se ominaisuuksiltaan ei olisikaan juuri parempi. Tekemällä palosuojaus itse voidaan vaikuttaa toimitusvarmuuteen ja –nopeuteen verrattuna tilanteeseen, jossa materiaali tilataan valmistajalta palosuojattuna. Jos palosuojattua materiaalia tarvitaan vain harvoin, voi olla kannattavampaa tehdä palosuojauksia itse tarpeen mukaan, sen sijaan että palosuojattuna ostettua materiaalia pi-

dettäisiin varastossa sitomassa pääomaa. Yrityksen on siis harkittava, millainen toimintatapa on sille taloudellisesti ja toiminnallisesti kannattavin.

LÄHTEET

Boncamber, Irma 2004. Tekstiilioppi. Kuituraaka-aineet. 2. korjattu painos. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.

Broadbent, Arthur, D. 2001. Basic Principles of Textile Coloration. Society of Dyers and Colourists.

CHT R. Beitlich GMBH 2009. Apyrol PES. Esite.

CHT R. Beitlich GMBH 2006 Chiptex DS Base NW 2006. Esite.

CHT R. Beitlich GMBH 2006 Chiptex DS Base NW 2009. Safety Data Sheet.

CHT R. Beitlich GMBH 2005. Tuboblanc PT-B. Käyttöturvallisuustiedote.

CHT R. Beitlich GMBH 2007. Tuboblanc PT-O. Käyttöturvallisuustiedote.

Forss, Maija, 2002. Värimenetelmät. Värjäys, maalaus, kankaanpainanta. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Helminen, Tommi 2005. Polyesterikankaiden painaminen digitaalisesti mustesuihkumenetelmällä. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Jämsä, Jani 2011. Kangassomisteiden paloturvallisuusvaatimukset. Sähköpostiviesti. jani.jamsa@pelastusopisto.fi. Tulostettu 30.5.2011

Lehtonen, Tapio (toim.)1998. Digitaalinen painaminen. Opetushallitus. Helsinki: Gummerus Kirjapaino Oy.

Miles, Leslie W C 2003. Textile Printing. Revised Second Edition. Society of Dyers and Colourists.

Printscorpion henkilökunta 2011. Keskustelut toukokuu-elokuu 2011. Aitoo.

Printscopio Oy. Etusivu. Luettu 29.5.2011. www.printscopio.fi

Rentsenlkhundev, Myadagmaa & Effenberg, Franz 2010. Preparation of nanoparticles for finishing on textiles. Technical Textiles 4/2010, E122-E125.

Rissanen, Marja, 2010. Värjäys ja viimeistys. Opintomateriaali. Tulostettu 22.3.2010.

Ross, Teri 2001. A Primer in Digital Textile Printing. Luettu 24.4.2011. <http://www.techexchange.com/thelibrary/DTP101.html>

Rämö, Johanna & Ylä-Sulkava Tuula 1999. Sisusteiden paloturvallisuus. VTT Tiedotteita 1964. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo.

Ryynänen, Tiia, Kallonen, Raija & Ahonen, Eino 2001. Palosuojatut tekstiilit. Ominaisuudet ja käyttö. VTT Tiedotteita 2116. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo.

Ryynänen, Tiia 2010. Banderollien paloturvallisuusvaatimukset. Sähköpostiviesti. tiia.ryynanen@vtt.fi. Tulostettu 9.11.2010.

SFS 5464. Tekstiilit. Palo-ominaisuudet. Syttyminen ja liekin leviäminen. 1989. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO6940. Tekstiilit. Palo-ominaisuudet. Syttymisherkkyyden määrittäminen pystysuorilla näytteillä. 2004. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Sisäasiainministeriö 1998. Ohje sisusteiden paloturvallisuudesta. Julkaisusarja A:56. Sisäasiainministeriö Pelastusosasto. Helsinki: Edita.

Tippett, Brooks. A Defect Analysis of Rotary Screen vs. Digital Textile Printing. Luettu 24.4.2011. http://www.techexchange.com/thelibrary/print_defects.html

Tyler, David, J. 2005. Textile Progress – Textile Digital Printing Technologies. Vol. 37. No 4. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Ujii, H. 2006. Digital Printing of Textiles. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Xin, John, H. 2006. Total colour management in textiles. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

LIITTEET

Liite 1. Ensimmäisten esikäsittelykokeiden mittaustaulukot

Liite 2. Ensimmäisissä esikäsittelyissä käytetyt reseptit

Liite 3. Toisissa esikäsittelyissä käytetyt reseptit

Liite 4. Tuotantomittakaavan esikäsittelyissä käytetyt reseptit

Liite 5. Näytteisiin tulostettu testikuva

Liite 6. Värimittaustulokset

Liite 7. Standardin SFS 5464 mukaan tehtyjen palotestauksien tulokset

Liite 8. Standardin SFS-EN ISO 6940 mukaan tehtyjen palotestauksien tulokset

ENSIMMÄISTEN ESIKÄSITTELYKOKEIDEN MITTAUSTAULUKOT

Seuraavissa taulukoissa on esitetty esikäsitteilykokeiden mittaustulosten keskiarvot.

Neulos 115 g/m²

Liemi	Näytteen massa ennen kasta (g) keskiarvo	Näytteen massa fulardoinnin jälkeen (g) keskiarvo	Pick-up keskiarvo	Näytteen massa kuivauksen jälkeen (g) keskiarvo	Näytteen massan muutos keskiarvo
50 g	6,6	11,4	72,4 %	7,0	4,9 %
80 g	6,6	11,5	72,7 %	7,1	6,4 %
110 g	6,7	11,7	76,3 %	7,1	6,9 %
140 g	6,6	11,9	79,3 %	7,2	7,9 %
170 g	6,7	11,7	75,5 %	7,2	7,7 %
200 g	6,7	11,4	71,0 %	7,2	7,8 %

Neulos 210 g/m²

Liemi	Näytteen massa ennen kasta (g) keskiarvo	Näytteen massa fulardoinnin jälkeen (g) keskiarvo	Pick-up keskiarvo	Näytteen massa kuivauksen jälkeen (g) keskiarvo	Näytteen massan muutos keskiarvo
50 g	12,9	22,7	75,7 %	13,7	5,8 %
80 g	13,1	22,6	72,2 %	14,0	6,4 %
110 g	12,9	22,2	71,7 %	13,9	7,2 %
140 g	12,9	22,2	72,4 %	13,9	7,8 %
170 g	12,9	22,4	73,4 %	13,9	7,6 %
200 g	12,9	22,5	75,8 %	13,9	8,3 %

ENSIMMÄISISSÄ ESIKÄSITTELYISSÄ KÄYTETYT RESEPTIT

50 g liuos	g
Chiptex DS Base NW	50
Tuboblanc PT-B	2
Tuboblanc PT-O	2
Apyrol	150
Vesi	796
Yhteensä	1000

80 g liuos	g
Chiptex DS Base NW	80
Tuboblanc PT-B	2
Tuboblanc PT-O	2
Apyrol	150
Vesi	766
Yhteensä	1000

110 g liuos	g
Chiptex DS Base NW	110
Tuboblanc PT-B	2
Tuboblanc PT-O	2
Apyrol	150
Vesi	736
Yhteensä	1000

140 g liuos	g
Chiptex DS Base NW	140
Tuboblanc PT-B	2
Tuboblanc PT-O	2
Apyrol	150
Vesi	706
Yhteensä	1000

170 g liuos	g
Chiptex DS Base NW	170
Tuboblanc PT-B	2
Tuboblanc PT-O	2
Apyrol	150
Vesi	676
Yhteensä	1000

200 g liuos	g
Chiptex DS Base NW	200
Tuboblanc PT-B	2
Tuboblanc PT-O	2
Apyrol	150
Vesi	646
Yhteensä	1000

TOISSA ESIKÄSITTELYISSÄ KÄYTETYT RESEPTIT

90 g liuos	g
Chiptex DS Base NW	90
Tuboblanc PT-B	2
Tuboblanc PT-O	2
Apyrol	150
Vesi	756
Yhteensä	1000

150 g liuos	g
Chiptex DS Base NW	150
Tuboblanc PT-B	2
Tuboblanc PT-O	2
Apyrol	150
Vesi	696
Yhteensä	1000

210 g liuos	g
Chiptex DS Base NW	210
Tuboblanc PT-B	2
Tuboblanc PT-O	2
Apyrol	150
Vesi	636
Yhteensä	1000

TUOTANTOMITTAKAAVAN ESIKÄSITTELYISSÄ KÄYTETYT RESEPTIT

Resepteissä on käytetty aiemmista resepteistä poiketen myös seuraavia kemikaaleja:

Kollasol CDO (kostutin/vaahdonestoaine)

Prisulon CRF-50 (paksunnosaine)

Termoprint (kostutin)

Neulos 115 g/m²

	g
Chiptex DS Base NW	200
Apyrol	25
Kollasol CDO	3
Vesi	772
Yhteensä	1000

Neulos 210 g/m²

	g
Chiptex DS Base NW	260
Apyrol	25
Prisulon CRF-50	7
Termoprint	5
Kollasol CDO	0,5
Vesi	702,5
Yhteensä	1000

NÄYTTEISIIN TULOSETTU TESTIKUVA



VÄRINMITTAUSTULOKSET

Ylemmässä taulukossa on aina ensimmäisten näytesarjan näytteiden sekä yhdessä näiden kanssa tulostettujen käsittelemättömän ja valmiiksi käsiteltyä ostetun kankaan tulokset. Alemmassa taulukossa on toisen näytesarjan näytteiden tulokset ja niiden lisäksi tuotantomittakaavassa tehtyjen näytteiden (resepti 07/2011 tai 09/2011) ja niiden kanssa yhtä aikaa tulostettujen valmiiksi esikäsiteltyä ostettujen kankaiden tulokset.

115 g neulos oikea puoli 40 % 3v harmaa D65/10

Laatu	Käsittelemätön	50 g	80 g	110 g	140 g	170 g	200 g	Valmiiksi käsitelty
Näytteet kpl	3	3	2	3	3	3	2	3
Mittaukset/näyte	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittauksia yht.	6	6	4	6	6	6	4	6
L keskiarvo	66,59	64,34	64,17	64,24	63,51	63,82	63,36	65,22
a keskiarvo	-1,38	-2,76	-2,67	-1,44	-1,86	-1,37	-2,17	-1,56
b keskiarvo	-2,43	-0,42	-0,43	-1,11	-1,13	-0,89	-0,79	-1,06

Laatu	210 g	150 g	90 g	Valmiiksi käsitelty	Resepti 07/2011
Näytteet kpl	1	1	1	1	1
Mittaukset/näyte	6	6	6	6	6
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6
L keskiarvo	60,54	60,45	61,16	65,03	61,55
a keskiarvo	-1,03	-1,93	-1,73	-3,87	-3,63
b keskiarvo	-0,97	0,21	0,75	3,36	3,36

(jatkuu)

115 g neulos oikea puoli 100% keltainen D65/10

Laatu	Käsittelemätön	50 g	80 g	110 g	140 g	170 g	200 g	Valmiiksi käsitelty
Näytteet kpl	2	3	2	3	3	3	3	2
Mittaukset/näyte	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittauksia yht.	4	6	4	6	6	6	6	4
L keskiarvo	86,1	84,15	85,18	84,76	85,03	84,65	84,72	85,04
a keskiarvo	-6,49	-6,93	-6,66	-6,52	-6,22	-5,89	-5,82	-6,27
b keskiarvo	69,99	75,53	76,51	75,82	77,88	77,95	78,01	75,57

Laatu	210 g	150 g	90 g	Valmiiksi käsitelty	Resepti 07/2011
Näytteet kpl	1	1	1	1	1
Mittaukset/näyte	6	6	6	6	6
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6
L keskiarvo	84,07	83,31	83,06	84,82	84,55
a keskiarvo	-5,43	-5,05	-5,01	-5,52	-5,03
b keskiarvo	77,79	78,75	77,05	75,75	78,69

115 g neulos nurja puoli 100 % keltainen D65/10

Laatu	Käsittelemätön	50 g	80 g	110 g	140 g	170 g	200 g	Valmiiksi käsitelty
Näytteet kpl	3	3	2	3	3	3	3	2
Mittaukset/näyte	1	1	2	1	1	1	1	2
Mittauksia yht.	3	3	4	3	3	3	3	4
L keskiarvo	85,71	85,55	85,44	85,39	85,68	85,04	85,22	85,39
a keskiarvo	-6,42	-6,11	-6,3	-6	-5,95	-5,91	-5,95	-5,44
b keskiarvo	66,68	62,19	62,65	60,13	63,87	63,77	63,41	62,54

Laatu	210 g	150 g	90 g	Valmiiksi käsitelty	Resepti 07/2011
Näytteet kpl	1	1	1	1	1
Mittaukset/näyte	6	6	6	6	6
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6
L keskiarvo	84,46	83,88	83,11	85,14	84,95
a keskiarvo	-5,51	-5,02	-4,84	-4,89	-5,12
b keskiarvo	68,88	63,17	66,17	63,7	69,71

(jatkuu)

115 g neulos oikea puoli 100 % musta D65/10

Laatu	Käsitlemätön	50 g	80 g	110 g	140 g	170 g	200 g	Valmiiksi käsitelty
Näytteet kpl	3	3	3	3	3	3	3	3
Mittaukset/näyte	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6	6	6	6
L keskiarvo	35,08	28,9	29,16	29,04	28,75	28,68	29,78	31,42
a keskiarvo	1,07	1,05	0,99	1,04	0,92	0,84	0,71	1,13
b keskiarvo	-2,41	-1,13	-1,3	-1,26	-1,23	-1,11	-1,33	-2,12

Laatu	210 g	150 g	90 g	Valmiiksi käsitelty	Resepti 07/2011
Näytteet kpl	1	1	1	1	1
Mittaukset/näyte	6	6	6	6	6
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6
L keskiarvo	26,98	26,66	27,22	31,25	27,83
a keskiarvo	1,19	1,04	1,32	1,15	0,98
b keskiarvo	0,17	0,26	-0,06	-0,62	-0,46

115 g neulos nurja puoli 100 % musta D65/10

Laatu	Käsitlemätön	50 g	80 g	110 g	140 g	170 g	200 g	Valmiiksi käsitelty
Näytteet kpl	3	3	2	3	3	3	2	3
Mittaukset/näyte	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittauksia yht.	6	6	4	6	6	6	4	6
L keskiarvo	38,82	37,48	38,04	37,75	37,33	38,13	37,64	37,84
a keskiarvo	1,28	1,41	1,64	1,92	1,92	1,93	1,83	1,47
b keskiarvo	-3,75	-4,38	-4,1	-3,87	-3,46	-3,72	-3,08	-4,61

Laatu	210 g	150 g	90 g	Valmiiksi käsitelty	Resepti 07/2011
Näytteet kpl	1	1	1	1	1
Mittaukset/näyte	6	6	6	6	6
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6
L keskiarvo	32,96	33,49	33,66	37,94	33,08
a keskiarvo	2,81	2,58	2	1,21	1,49
b keskiarvo	-0,76	-1,34	-1,72	-3,68	-2,5

(jatkuu)

115 g neulos oikea puoli 100% syaani D65/10

Laatu	Käsitlemätön	50 g	80 g	110 g	140 g	170 g	200 g	Valmiiksi käsitelty
Näytteet kpl	2	3	2	3	3	3	3	3
Mittaukset/näyte	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittauksia yht.	4	6	4	6	6	6	6	6
L keskiarvo	55,06	50,61	49,36	48,8	48,92	48,87	49,44	52,57
a keskiarvo	-5,98	-7,78	-7,59	-7,61	-7,48	-7,21	-6,81	-6,77
b keskiarvo	-36,79	-37,94	-38,69	-38,51	-39,35	-39,35	-39,76	-37,74

Laatu	210 g	150 g	90 g	Valmiiksi käsitelty	Resepti 07/2011
Näytteet kpl	1	1	1	1	1
Mittaukset/näyte	6	6	6	6	6
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6
L keskiarvo	43,53	43,34	45,04	52,64	48,42
a keskiarvo	-9,82	-9,7	-10,37	-7,88	-8,06
b keskiarvo	-29,5	-29,42	-29,63	-35,64	-36,3

210 g neulos oikea puoli 40% 3v harmaa D65/10

Laatu	Käsitlemätön	50 g	80 g	110 g	140 g	170 g	200 g	Valmiiksi käsitelty
Näytteet kpl	3	3	3	3	3	2	3	2
Mittaukset/näyte	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6	4	6	4
L keskiarvo	63,11	60,68	60,72	60,67	60,86	60,31	60,04	63,4
a keskiarvo	-2,57	-3,38	-2,34	-2,64	-2,41	-2,15	-2,5	-2,63
b keskiarvo	-3,34	-2,28	-2,96	-1,55	-2,74	-2,6	-2,51	-1,81

Laatu	210 g	150 g	90 g	Valmiiksi käsitelty	Resepti 09/2011
Näytteet kpl	1	1	1	1	1
Mittaukset/näyte	6	6	6	6	6
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6
L keskiarvo	57,1	56,9	57,33	61,47	60,09
a keskiarvo	-2,4	-2,46	-2,47	-2,64	-3,57
b keskiarvo	-1,96	-2,02	-1,14	-0,28	1,53

(jatkuu)

210 g neulos oikea puoli 70 % lila D65/10

Laatu	Käsittelemätön	50 g	80 g	110 g	140 g	170 g	200 g	Valmiiksi käsitelty
Näytteet kpl	3	3	3	3	3	1	3	3
Mittaukset/näyte	2	2	2	2	2	4	2	2
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6	4	6	6
L keskiarvo	52,19	44,65	45,11	44,75	44,67	44,67	44,36	46,72
a keskiarvo	15,8	16,58	16,88	16,57	16,6	17	16,78	17,42
b keskiarvo	-33,66	-35,69	-35,5	-35,38	-35,86	-36,4	-36,09	-36,49

Laatu	210 g	150 g	90 g	Valmiiksi käsitelty	Resepti 09/2011
Näytteet kpl	1	1	1	1	1
Mittaukset/näyte	6	6	6	6	6
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6
L keskiarvo	40,4	40,19	40,92	44,28	43,51
a keskiarvo	14,7	14,53	15,01	19,57	18,77
b keskiarvo	-32,18	-31,64	-32,31	-37,09	-36,41

210 g neulos oikea puoli 100 % musta D65/10

Laatu	Käsittelemätön	50 g	80 g	110 g	140 g	170 g	200 g	Valmiiksi käsitelty
Näytteet kpl	3	3	3	3	2	1	3	3
Mittaukset/näyte	3	3	3	3	4	8	3	3
Mittauksia yht.	9	9	9	9	8	8	9	9
L keskiarvo	31,76	22,8	22,92	22,96	23,01	22,51	22,52	20,84
a keskiarvo	1,67	1,39	1,26	1,23	1,3	1,23	1,18	2,18
b keskiarvo	-3,42	-1,89	-1,81	-1,83	-1,9	-1,72	-1,79	-1,43

Laatu	210 g	150 g	90 g	Valmiiksi käsitelty	Resepti 09/2011
Näytteet kpl	1	1	1	1	1
Mittaukset/näyte	6	6	6	6	6
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6
L keskiarvo	20,19	20,09	20,36	20,13	20,09
a keskiarvo	1,28	1,34	1,43	2,33	2,06
b keskiarvo	-1,03	-1,08	-1,08	-1,72	-1,42

(jatkuu)

210 g neulos oikea puoli 100 % syaani D65/10

Laatu	Käsittlemätön	50 g	80 g	110 g	140 g	170 g	200 g	Valmiiksi käsitelty
Näytteet kpl	3	3	3	3	3	1	3	2
Mittaukset/näyte	2	2	2	2	2	4	2	2
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6	4	6	4
L keskiarvo	56,34	45,21	46,16	45,89	45,49	44,72	44,04	48,14
a keskiarvo	-6,17	-5,61	-5,9	-5,48	-5,09	-4,86	-4,61	-5,99
b keskiarvo	-40,56	-43,14	-43,33	-43,71	-44,36	-44,24	-44,33	-48,29

Laatu	210 g	150 g	90 g	Valmiiksi käsitelty	Oma käsittely
Näytteet kpl	1	1	1	1	1
Mittaukset/näyte	6	6	6	6	6
Mittauksia yht.	6	6	6	6	6
L keskiarvo	39,43	38,86	40,65	46,82	45,77
a keskiarvo	-8,46	-8,56	-8,26	-5,33	-5,71
b keskiarvo	-34,4	-34,12	-35,84	-47,81	-46,81

STANDARDIN SFS 5464 MUKAAN TEHTYJEN PALOTESTAUKSIEN TULOKSET

Testauksia tehtäessä kirjattiin liekin etenemisaika syttymisestä sammumiseen silloin, kun näyte ei palanut merkkilankaan asti. Vain yksi näytteistä paloi merkkilankaan asti (Kangas E, testi nro 2). Koska standardin mukaisesti tulisi vertailla liekin etenemisaikaa juuri merkkilankaan asti, jätettiin tämä huomiotta tuloksia tulkittaessa.

Kangas: E

Testi nro	Sytytys-aika (s)	Liekin etenemisaika (s)	Palanut tai vaurioitunut pituus (mm)	Huomautukset
1	1,8	17,5	80	Sammui itsekseen
2	2,0	29,6	127	Jatkoi palamista, pudotti sulaa materiaalia
3	1,3	22,5	84	Sammui itsekseen, pudotti palavaa materiaalia
4	1,6	20,0	86	Sammui itsekseen, pudotti palavaa materiaalia
5	1,4	18,7	76	Sammui itsekseen, pudotti palavaa materiaalia
6	1,5	27,1	90	Sammui itsekseen, pudotti palavaa materiaalia, paloi alaspäin
7	1,6	16,9	68	Sammui itsekseen, pudotti palavaa materiaalia
8	1,5	18,3	78	Sammui itsekseen, pudotti palavaa materiaalia
9	1,4	25,8	94	Sammui itsekseen, pudotti palavaa materiaalia
10	1,7	19,2	76	Sammui itsekseen, pudotti palavaa materiaalia
KA	1,58	21,56	85,9	

Kangas: G

Testi nro	Sytytys-aika (s)	Liekin etenemisaika (s)	Palanut tai vaurioitunut pituus (mm)	Huomautukset
1	2,2	13,8	57	Sammui itsekseen
2	2,0	16,0	57	Sammui itsekseen
3	2,1	16,7	57	Sammui itsekseen
4	1,9	15,5	58	Sammui itsekseen
5	2,2	27,0	67	Sammui itsekseen, pudotti palavaa materiaalia
6	1,8	15,9	59	Sammui itsekseen
7	1,8	16,3	61	Sammui itsekseen, pudotti palavaa materiaalia
8	1,8	17,5	70	Sammui itsekseen, pudotti palavaa materiaalia
9	1,9	38,4	90	Sammui itsekseen, pudotti palavaa materiaalia
10	1,8	41,2	107	Sammui itsekseen, pudotti palavaa materiaalia
KA	2,0	21,8	68,3	

(jatkuu)

Kangas: F

Testi nro	Sytytys-aika (s)	Liekin etenemis-aika (s)	Palanut tai vaurioitunut pituus (mm)	Huomautukset
1	1,4	2,4	18	Sammui heti, kun liekki otettiin pois.
2	1,4	2,5	18	Sammui heti, kun liekki otettiin pois.
3	1,2	2,7	19	Sammui heti, kun liekki otettiin pois.
4	1,3	2,3	17	Sammui heti, kun liekki otettiin pois.
5	1,6	2,2	18	Sammui heti, kun liekki otettiin pois.
6	1,2	1,9	15	Sammui heti, kun liekki otettiin pois.
7	1,2	2,1	15	Sammui heti, kun liekki otettiin pois.
8	1,3	2,8	16	Sammui heti, kun liekki otettiin pois.
9	1,2	2,3	17	Sammui heti, kun liekki otettiin pois.
10	1,2	2,3	16	Sammui heti, kun liekki otettiin pois.
KA	1,3	2,35	16,9	

LIITE 8: 1 (2)

STANDARDIN SFS-EN ISO 6940 MUKAAN TEHTYJEN PALOTESTAUKSIEN
TULOKSET**NÄYTE: E oikea puoli pystysuunta**

Kokeen nro	Liekin vaikutus-aika (s)	Tulos
1	1	Syttyi
2	1	Syttyi
3	1	Syttyi
4	1	Syttyi
5	1	Syttyi
Syttymisiä yhteensä		5
Ei-syttymisiä yhteensä		0
Keskimääräinen syttymisaika		0 s

NÄYTE: G oikea puoli pystysuunta

Kokeen nro	Liekin vaikutus-aika (s)	Tulos
1	1	Syttyi
2	1	Syttyi
3	1	Syttyi
4	1	Syttyi
5	1	Syttyi
Syttymisiä yhteensä		5
Ei-syttymisiä yhteensä		0
Keskimääräinen syttymisaika		0 s

NÄYTE: K oikea puoli pystysuunta

Kokeen nro	Liekin vaikutus-aika (s)	Tulos
1	1	Syttyi
2	1	Syttyi
3	1	Syttyi
4	1	Syttyi
5	1	Syttyi
Syttymisiä yhteensä		5
Ei-syttymisiä yhteensä		0
Keskimääräinen syttymisaika		0 s

NÄYTE: R oikea puoli pystysuunta

Kokeen nro	Liekin vaikutus-aika (s)	Tulos
1	1	Syttyi
2	1	Syttyi
3	1	Ei syttynyt
4	2	Ei syttynyt
5	3	Syttyi
6	2	Syttyi
7	1	Ei syttynyt
8	2	Syttyi
9	1	Ei syttynyt
10	2	Ei syttynyt
Syttymisiä yhteensä		5
Ei-syttymisiä yhteensä		5
Keskimääräinen syttymisaika		1,9 s \approx 2,0s

(jatkuu)

NÄYTE: F oikea puoli pystysuunta

Kokeen nro	Liekin vaikutus-aika (s)	Tulos
1	2	Syttyi
2	1	Syttyi
3	1	Ei syttynyt
4	2	Syttyi
5	1	Ei syttynyt
6	2	Syttyi
7	1	Ei syttynyt
8	2	Syttyi
9	1	Ei syttynyt
10	2	Syttyi
11	1	Ei syttynyt
Syttymisiä yhteensä		6
Ei-syttymisiä yhteensä		5
Keskimääräinen syttymisaika		1,5 s \approx2,0 s

NÄYTE: F oikea puoli vaakasuunta

Kokeen nro	Liekin vaikutus-aika (s)	Tulos
1	1	Ei syttynyt
2	2	Syttyi
3	1	Syttyi
4	1	Syttyi
5	1	Syttyi
6	1	Syttyi
Syttymisiä yhteensä		5
Ei-syttymisiä yhteensä		1
Keskimääräinen syttymisaika		1,5 s \approx2,0 s

NÄYTE: F nurja puoli pystysuunta

Kokeen nro	Liekin vaikutus-aika (s)	Tulos
1	2	Syttyi
2	1	Ei syttynyt
3	2	Syttyi
4	1	Syttyi
5	1	Ei syttynyt
6	2	Syttyi
7	1	Syttyi
8	1	Syttyi
9	1	Syttyi
10	1	Syttyi
Syttymisiä yhteensä		8
Ei-syttymisiä yhteensä		2
Keskimääräinen syttymisaika		1,5s \approx2,0 s

NÄYTE: F nurja puoli vaakasuunta

Kokeen nro	Liekin vaikutus-aika (s)	Tulos
1	2	Syttyi
2	1	Syttyi
3	1	Syttyi
4	1	Syttyi
5	1	Ei syttynyt
6	2	Syttyi
7	1	Syttyi
8	1	Syttyi
Syttymisiä yhteensä		7
Ei-syttymisiä yhteensä		1
Keskimääräinen syttymisaika		1,5 s \approx2,0s