

VEDEN- JA LIANHYLKIVYYDEN TESTAUS VERHOILUTEKSTIILEISSÄ

Tiivistelmä

Tekijä Salojärvi, Oona	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 15	Valmistumisaika Syksy 2019
Työn nimi Veden- ja lianhylykivyyden testaus verhoilutekstiileissä		
Tutkinto Insinööri AMK, Prosessi- ja materiaalitekniikka		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää yritys X:lle mahdollisimman tehokas resepti annetuista vettä- ja likaahylykivistä kemikaaleista, jotta kankaille saataisiin tehokas nestettähylyvä pinnoite. X on rakentamassa uutta linjastoa verhoilukankaiden pintakäsittelyyn. Kemikaaleista oli tarkoitus saada vettä- ja likaahylyvä pinnoite verhoilutekstiileille.</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin kahdessa osassa. Toinen osa käsittelee teoriaa ja toinen tutkimusta. Teoriaosuudessa käsiteltiin yleisempiä fluorokemikaaliyhdisteitä, niiden käyttökohteita ja vaikutusta ympäristöön sekä ihmisiin. Tutkimusosuudessa käsiteltiin, mitä eri testausmenetelmiä opinnäytetyössä tehtiin. Jokaiselle testikappaleelle tehtiin testit materiaali huomioon ottaen. Testien tuloksien kautta pääteltiin paras resepti ja parhaimmat olosuhteet jokaiselle materiaalille. Testit suoritettiin Lahden ammattikorkeakoulun laboratorioissa.</p> <p>Tulokset jaettiin onnistuneisiin ja epäonnistuneisiin. Onnistuneet tulokset läpäisivät yritys X:n määrittämät tavoitteet tekstiileille. Tuloksista saatiin hyvä pohja tulevaa linjastoa varten. Toimeksiantajan ohjeesta tulokset ovat salaisia.</p>		
Asiasanat fluorokemikaalit, PFC-yhdisteet, PFAS-yhdisteet, verhoilutekstiilit, testausmenetelmät		

Abstract

Author Salojärvi, Oona	Type of publication Bachelor's thesis	Published Autumn 2019
	Number of pages 15	
Title of publication Testing water and dirt repellents in upholstery textiles		
Name of Degree Bachelor of Process and Materials Engineering		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to find out the most effective recipe for given surface treatment chemicals for company X. The company is planning to build a new line of surface treatment for upholstery fabrics. The chemicals were intended to be water and dirt repellent coatings for upholstery fabrics.</p> <p>The thesis was done in two parts. One part deals with theory and the other with research. The theoretical part deals with the most widely used fluorochemical compounds, how they are used and their effects on the environment and humans. The research part deals with different testing methods that were used in thesis. Each test piece was tested, taking into account what material it was. The results of the tests led to the conclusion of the best recipe and the best conditions for each material. The tests were carried out in the laboratories of Lahti University of Applied Sciences.</p> <p>Results were divided into two sections: successful and unsuccessful. Successful results met the company's goals for textiles. The results provide a good basis for the future production. According to the company's instructions, the results are secret.</p>		
Keywords fluorochemicals, PFC, PFAS, upholstery textiles, testing methods		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	FLUOROKEMIKAALIT	2
2.1	PFAS-yhdisteet.....	2
2.1.1	PFOS-yhdisteet	2
2.1.2	PFOA-yhdisteet	3
2.2	Fluorokemikaalien ympäristövaikutukset.....	3
2.2.1	Vaikutukset luonnossa.....	3
2.2.2	Vaikutukset ihmisiin	4
2.3	Korvaavia vaihtoehtoja fluorokemikaaleille	5
3	TESTAUS	6
3.1	Alkutestaukset	6
3.2	Kemikaalisekoitukset ja testaukset	7
3.3	Muut testit.....	8
3.3.1	Väritesti	8
3.3.2	Nesteidenhylkivyyden määrittäminen lusikkatestillä	8
3.3.3	Nesteidenhylkivyyden määrittäminen spraytestillä	10
3.3.4	Murtovenymän ja murtolujuuden määrittäminen	11
3.3.5	Hankauksenkestävyys.....	12
3.3.6	Pesutesti.....	13
3.3.7	FTIR	14
4	YHTEENVETO	15
	LÄHTEET	16

1 JOHDANTO

Fluorokemikaalit eli PFC-yhdisteet ovat vuosikymmeniä käytössä olleita kemikaaleja tekstiilien viimeistelyyn. Kemikaaleilla saadaan tekstiileille kestävä vettä ja likaa hylkivän pinnoite. PFC-yhdisteet tarvitsevat lämpöä aktivoituaakseen. Ne ovat kuitenkin ympäristöä kuormittavia ja ihmisille haitallisia kemikaaleja. EU on kieltänyt kaikkein haitallisimmat C8-kemikaalit, ja tekstiilien valmistajat pyrkivät vähentämään PFC-yhdisteiden käyttöä. Opinnäytetyön teoreettinen osuus käsittelee fluorokemikaaleja ja sekä niiden vaikutusta ympäristöön. Lisäksi opinnäytetyössä tutkitaan mahdollisia vaihtoehtoja fluorokemikaaleille.

Testaus tehtiin yhteistyössä yritys X:n kanssa. Toimeksiantaja on aikaisemmin käyttänyt tekstiilien viimeistelyyn alkoholipohjaisia kemikaaleja. Heille on tulossa uusi linjasto, joka pohjautuu vesipohjaisiin likaa ja nestettä hylkiviin kemikaaleihin. Opinnäytetyön testiosuuden tarkoituksena oli määrittää kemikaaleja käyttäen verhoilukankaille ihanteellinen sekoitus/aika/lämpötilasuhde siten, jotta saataisiin mahdollisimman hyvä likaa- ja vettähylkivä pinta. Opinnäytetyöstä saadut tulokset ovat salaisia, joten testeistä saatuja tuloksia ei julkaista. Toimeksiantajan nimeä ei myöskään julkaista.

Testaus suoritettiin kohta kerrallaan. Ensin määriteltiin tekstiileille maksimilämpötila, jonka jälkeen määriteltiin hyvä kemikaalisekoitus. Tarkoituksena oli saada yksi toimiva sekoitus, joka kattaisi kaikki testattavat materiaalit. Testit pyrittiin tekemään tuotantolinjastoa ajatellen. Kemikaalien pitäisi vaikuttaa mahdollisimman nopeasti, jotta tuotanto sujuisi moitteettomasti eikä linjastosta syntyisi niin sanottua pullonkaulaa tuotantoon. Testausosiota raportoitiin ja konsultoitiin toimeksiantajan kanssa, kun tuloksia kertyi.

Onnistuneille kokeille tehtiin jatkotutkimuksia, jotta saataisiin selville, onko kemikaalilla vaikutusta tekstiilien fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin. Lisäkokeina tehtiin hankaustesti Martindalella, murtovenymän ja murtolujuuden määrittäminen Shimadzu-aineenkoe-laitteella ja pesutesti kotitalouden pesukoneella. Lisäksi tutkittiin, miten kemikaalit vaikuttavat materiaalien tunnistamiseen jatkokäsittelyä varten. Nämä tutkimukset suoritettiin FTIR-spektrometrialla.

2 FLUOROKEMIKAALIT

Perfluoratut akryylihapot yleistyivät 1950 – luvulla teollisuudessa ja kuluttajilla. Niillä pyritään parantamaan materiaalien lian- ja vedenhylkivyyden sietokykyä. Fluorokemikaalit tarvitsevat lämpöä aktivoituakseen, ja niitä voidaan tarvittaessa aktivoida uudelleen lämmittämällä. Tekstiiliteollisuuden lisäksi PFC-yhdisteitä käytetään elintarvikepakkauksissa ja palonestossa. Tekstiileissä PFC-yhdisteitä käytetään muun muassa ulkoiluvaatteissa, teknisissä tekstiileissä ja sisustustekstiileissä. Muita käyttökohteita ovat teflonpaistinpannut, suksivoiteet, hyönteismyrkyt ja sammutusvaahdot. (Terveystieteiden tutkimuskeskus 2019; Reinikainen, Perkola, Takala, Äystö & Ahkola 2019.)

2.1 PFAS-yhdisteet

PFAS-yhdisteissä, eli perfluoratuissa akryyliyhdisteissä, hiilivetyketjun vetyatomit ovat fluoria. Yleisimpiä käytettyjä PFAS-yhdisteitä ovat perfluoro-oktaanisulfonaatti (PFOS) ja perfluoro-oktaanihappo (PFOA). PFOS:n ja PFOA:n yhdisteiden toiminta perustuu niiden molekyyliin, joista toinen pää on nestettä hylkivä ja toinen nestettä puoleensa vetävä. Yhdisteiden kemiallinen kestävyys on hyvä, ja ne ovat käytössä ja luonnossa lähes hajomattomia hiilifluoridoksen vuoksi. Erilaisia PFAS-yhdisteitä on olemassa tuhansia, joiden ominaisuudet eroavat toisistaan. (Tuomisto 2014; Ympäristö.fi 2016.)

2.1.1 PFOS-yhdisteet

Perfluoro-oktaanisulfonaatti (PFOS) on yksi yleisimmistä käytetyistä perfluoratuista yhdisteistä, mutta on lähes kokonaan kielletty EU-maissa. Toksiset yhdisteet pyritään korvaamaan vähemmän myrkyllisillä PFAS-yhdisteillä (ALS 2019). PFOS-yhdisteet saivat olla tuotannossa noin 40 vuotta ennen kuin niiden mahdollisia haittavaikutuksia alettiin tutkia. Yhdisteiden tuotantoa alettiin vähentämään vuona 2001, kun luonnoneläimistä löydettiin korkeita kemikaalipitoisuuksia. Tuolloin Suomessa yhdisteitä käytettiin tekstiilien lisäksi muun muassa sammutusvaahdoissa, metallien pintakäsittelyssä ja sekä paperi- ja elektroniikkateollisuudessa. Nykyään Suomessa tekstiiliteollisuudessa yhdisteiden käyttö on kiellettyä. Vaahdosammuttimissa käyttö kiellettiin vuonna 2011. Eniten yhdisteitä käytettiin metalliteollisuudessa kromaukseen. PFOS:n tarkoitus oli estää haitallisten kromikaasujen pääsy ilmakehään. Puu- ja pakkausteollisuudessa Suomessa PFOS-yhdisteitä ei käytetä. Niitä voi kuitenkin kulkeutua Suomeen ulkomailta tuoduista pakkauksista. (Seppälä & Munne 2013.)

2.1.2 PFOA-yhdisteet

Toisin kuin PFOS, PFOA:n käyttöä ei olla kielletty. Sillä on myös hyvät veden- ja lianhylykivyysominaisuudet, ja se onkin korvannut PFOS-yhdisteitä. PFOA on korvannut sammutusvaahdoissa PFOS:n. Monet yritykset ovat rajoittaneet PFOA:n käyttöä ja tuotantoa, mutta yhdistettä ei ole laissa ei kielletty. (Mehtonen, Perkola, Reinikainen, Seppälä & Suikkanen 2016.) Yleisemmin PFOA:ta käytetään Teflonin pinnoitteena. (Tuomisto 2014; ALS 2019.)

2.2 Fluorokemikaalien ympäristövaikutukset

Fluorokemikaaliyhdisteitä käytetään ympäri maailmaa, joten niiden vaikutukset ovat globaalit. Kemikaaleja pääsee ympäristöön tuotannossa, mutta myös kuluttajilta. Kemikaalipinnoite kuluu käytössä. Erityisesti pesuveden mukana fluorokemikaalit pääsevät ympäristöön, jossa ne ovat haitallisia.

Suomessa fluorokemikaalit leviävät teollisuudesta ja kotitalouksista jäteveden mukana ympäristöön. Varsinkin kotitauksista levinneet kemikaalit kuormittavat ympäristöä asukkaiden tietämättä. Vaikka EU on kieltänyt ja rajoittanut tekstiileissä käytettäviä PFAS-yhdisteitä, niitä silti löytyy kotitalouksista. EU:n ulkopuolelta tuodaan tuontivaatteita, jotka saattavat sisältää haitallisia perfluorattujayhdisteitä. (Riistaniemi 2016.)

2.2.1 Vaikutukset luonnossa

Koska PFAS-yhdisteet ovat synteettisiä ihmisen valmistamia kemikaaleja, niitä ei esiinny luonnossa sellaisenaan. Ne päätyvät sinne ihmisten toimesta yleisemmin jäteveden mukana. Myös vaahdosammuttimissa käytettävät PFAS-yhdisteet päätyvät helposti luontoon. (Mehtonen, Perkola, Reinikainen, Seppälä & Suikkanen 2016.)

PFAS-yhdisteiden käyttäytymiseen ympäristössä vaikuttaa moni asia, kuten hiiliketjun pituus ja fluorausaste. Kokonaan fluoratut hiiliketjut eivät hajoa ympäristössä fyysisesti, kemiallisesti ja biologisesti. Ne ovat niin vahvoja. Lyhyempiketjuiset yhdisteet ovat vesiliukoisempia, kun taas pitkäketjuiset yhdisteet kiinnittyvät paremmin ja kertyvät herkemmin eliöihin. Myös ympäristö ja maaperä vaikuttavat PFAS-yhdisteiden käyttäytymiseen luonnossa muun muassa mineraaleilla ja maaperän pH-arvolla on vaikutusta fluorokemikaalien haittavaikutuksiin. Yhdisteet voivat reagoida auringon valoon, aiheuttaen vahvempia yhdisteitä. (Reinikainen, Perkola, Takala, Äystö, & Ahkola 2019.)

Luonnossa eläimet ovat vaikutuksen alaisina yhdisteille. Yhdisteet kertyvät vereen ja maksaan, sekä ne voivat siirtyä istukan kautta sikiöön. Kaloissa yhdisteet kertyvät usein

maksaan ja munuaisiin. Yhdisteet aiheuttavat eliöissä maksaongelmia, keuhko-ongelmia, häiriöitä lisääntymisessä ja kehityksessä. Yhdisteiden myrkyt voivat häiritä myös immuunitoimintaa eläimissä. Vaikka lyhytketjuisilla yhdisteillä on havaittu samoja ongelmia, kuin pitkäketjuisilla yhdisteillä, ne ovat silti turvallisempia ja vähemmän haitallisia ympäristölle ja eliöille. (Reinikainen, Perkola, Takala, Äystö, & Ahkola 2019.)

2.2.2 Vaikutukset ihmisiin

Ihminen altistuu yhdisteille suurimmaksi osaksi ruuan kautta, mutta myös ympäristön ja käyttötavaroiden kautta, kuten kuvassa 1 on havainnollistettu. Ravinnon osuus yhdisteille altistumisesta on noin 70 %. Koska yhdisteet ajautuvat veteen, merkittävin altistaja PFAS-yhdisteille on kala ja vesi. Muita altistavia tuotteita ovat muun muassa maitotuotteet, liha-tuotteet, kasvikset ja kananmunat. Näiden osuus on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin kalatuotteiden. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2019.)



Kuva 1. Fluorokemikaalien kierto ja ihmisen altistuminen kemikaaleille (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2019)

Fluorokemikaalit saattavat olla riski ihmisten kehitykselle ja terveydelle. PFC-yhdisteet voivat lisätä syöpäriskiä ja häiritä kilpirauhasen toimintaa, ja näin ollen PFC-yhdisteet

häiritsevät myös hormonitoimintaa. Myös kehityshäiriöille on löydetty yhtenäisyyksiä PFC-yhdisteiden kanssa. Erityisesti PFOS:n on todettu suurentavan maksaa ja olevan aineenvaihdunnan kannalta haitallinen ihmisille. PFOS ei kuitenkaan kerääntynyt rasvakudokseen, vaan maksaan, vereen ja munuaiseen. (Ympäristö.fi 2013; Åström-Kupsanen 2015.)

Vaateteollisuudessa EU:n kieltämät C8-yhdisteet pyritään korvaamaan C4- tai C6-yhdisteillä. C4 ja C6 ovat lyhytketjuisempia kuin C8-yhdisteet, joten ne haihtuvat luonnossa nopeammin. Näiden terveyshaitoista ei ole vielä varmaa tietoa, koska niitä edelleen tutkitaan. Kuitenkin tutkijat ovat sitä mieltä, että niistä on haittaa, vaikka eivät olekaan yhtä vaarallisia kuin pitkäketjuiset C8-yhdisteet. (Åström-Kupsanen 2015.)

2.3 Korvaavia vaihtoehtoja fluorokemikaaleille

Ympäristövaikutuksien takia monet fluorokemikaaleja käyttävät yritykset pyrkivät korvaamaan PFC-yhdisteet turvallisimmilla kemikaaleilla tai materiaaleilla. Kuluttajien on kuitenkin hankala saada selville sisältääkö tuote fluorokemikaaleja, sillä niiden olemassaololla ei ole merkintävelvollisuutta. Jotkut valmistajat merkitsevät, jos tuote on vapaa yhdisteistä. Tällöin tuote merkitään tekstillä PCF-free tai fluorinefree. (Åstyöm-Kupsanen 2015.)

Vaateteollisuus on pyrkinyt vähentämään PFC-yhdisteitä, mutta se ei ole helppoa. Varsinkin vedenhylkivyyttä ääriolosuhteiden tuotteissa yhdisteet ovat hankala korvata. Monet valmistajat pyrkivät pääsemään vähitellen yhdisteistä eroon korvaamalla niitä muilla vastaavanlaisilla kemikaaleilla. (Åstyöm-Kupsanen 2015.)

Pakkausteollisuus on pyrkinyt vähentämään polymeerien käyttöä siirtymällä pahvisiin vaihtoehtoihin. Markkinoille on tullut pahvisia pakkauksikartonkeja muovien tilalle, jolloin pakkaukset olisivat ekologisempia. Fluorokemikaaleja on käytetty näissä pakkauksissa antamaan pakkauskartongeille suojaavan pinnan kosteudelta ja rasvalta. Fluorokemikaaleilla on myös pyritty korvaamaan monissa kartonkisissa pakkauksissa käytettävän muovisen suojakalvon. Kotkalainen yritys Kotkamills on poistanut muovit ja fluorokemikaalit pakkauksistaan ja heidän pakkauksien suojakerros perustuu vesipohjaiseen polymeeridispersioon. Heidän sertifioidulla laatikkokartongillansa on kysyntää maailmalla. He ovat myyneet Laatikkokartongeja koekäyttöön mm. Norjaan, Ruotsiin, Iso-Britanniaan ja Saksaan. Laatikkokartongeja käytetään muun muassa pikaruokaravintoloissa. (Krautsuk 2017; Lampela 2018.)

3 TESTAUS

Tarvittavat testimateriaalit tulivat toimeksiantajalta. Testattavia kankaita oli 12 eri laatua, joista osa oli 100 % puuvillaa, polyesteriä ja polypropeenaa. Osa kankaista koostui sekoitemateriaaleista. Testit suoritettiin Lahden ammattikorkeakoulun tekniikan alan laboratorioissa. Testit aloitettiin alkutesteillä, joissa tekstiileille määriteltiin maksimilämpötila lämpökaapissa. Testiosuuden tärkein vaihe oli sekoittaa kemikaaleista resepti, joka kattaisi kaikki testattavat materiaalit. Kemikaalit tarvitsevat lämpöä aktivoituaakseen, joten kemikaaleilla käsitellyt kankaat lämmitettiin lämpökaapissa. Lusikkatestillä määriteltiin, miten hyvin kappaleen kemikaalikäsittely ja aika lämpökaapissa oli onnistunut. Onnistuneimmille testikankaille tehtiin lisäkokeina väritesti, hankaustesti Martindalella, vetokoe Shimadzu-aineenکوestuslaitteella, pesutesti pesukoneella ja tekstiilentunnistuskoe FTIR:llä.

3.1 Alkutestaukset

Alkutestauksena oli tarkoitus määrittää annetuille tekstiileille maksimikäyttölämpötila kuivana ja kostutettuna. Testaukset suoritettiin lämpökaapissa viiden minuutin jaksoissa eri lämpötiloilla. Kankaaseen merkittiin 10x10 cm:n alue mitattavaksi. Merkitystä alueesta laskettiin mahdollinen kutistuma.

Mittaustulokset merkittiin taulukkoon jokaisesta testikappaleesta. Taulukkoon merkittiin tuote, lämpökaapin lämpötila, kankaan pinnan lämpötila lämpökaapin jälkeen, aika lämpökaapissa ja mahdollinen kutistuma millimetreinä sekä prosentteina (taulukko 1). Kostutetuissa versioissa laskettiin vielä kosteusprosentti punnitsemalla testikappale ennen ja jälkeen kostutuksen.

Taulukko 1. Esimerkkitaulukko alkutestauksista

Tuote	J								
Lämpötila		90	100	110	120				
Pinnanlämpötila		Epäselvä mitata, sillä lämpötila laski useita asteita heti uunin avauduttua							
Aika		5	5	5	5				
Kutistuma mm		0	1	3	5				
Kutistuma %		0	1	3	5				

Kuivissa kankaissa ongelmia tuotti pinnanlämpötilan mittaaminen, sillä tulokset olivat liian epävarmoja. Lämpötila tippui jopa yli 10 astetta uunin avauduttua. Keskiarvolta pinnanlämpötila on noin 10 astetta pienempi kuin uunin lämpötila.

Kuivissa testauksissa selvisi, että keinokuitujen maksimilämpötila oli noin 110 °C tuntu-
massa, joten kostutetuissa tekstiileissä maksimilämpötilana käytettiin 110 °C:ta. Yhdelle kankaalle ei löytynyt kutistumislämpötilaa, joten sille ei ollut tarvetta tehdä kostutettuja

testauksia. Kyseinen kangas kuitenkin testattiin myöhemmin kemikaalin kanssa. Kostuteuissa tekstiileissä pinnanlämpötila jäi alhaisemmaksi kuin kuivissa, joten kutistumislämpötila nousi tekstiileillä. Tekstiilit kostutettiin vedellä ruiskun avulla. Tarkoituksena oli kostuttaa tekstiilit läpimäräksi ja pitää kosteusprosentti tasaisena jokaisessa kokeessa.

3.2 Kemikaalisekoitukset ja testaukset

Viimeistelykäsittelyreseptin laatiminen oli olennaisin ja isotöisin testaus, koska testissä määriteltiin ihanteellinen resepti kemikaaleista ja ihanteelliset aika/lämpötilasuhteet testattaville materiaaleille. Testaukset tehtiin alkutestauksien pohjalta. Ennen testauksia tarvittiin oikeanlainen suojavarustus, johon kuuluivat lasit, hengityssuoja ja käsineet. Kemikaalien turvaselosteessa oli suositukset tarvittaviin suojavarusteisiin. Testit suoritettiin ruiskun avulla vetokaapissa. Kemikaalitestaukseen haettiin lisää testattavia kankaita toimeksiantajalta. Uudet testikankaat olivat materiaaliltaan puuvillaa ja polyesteriä. Lisänä oli myös muutama pinnaltaan erikoisempi kangas. Uusiin kankaisiin ei tehty alkutestausta vaan maksimilämpötilat sovellettiin aiempien testikankaiden tuloksista.

Testattavia kemikaaleja oli kolme kappaletta. Kemikaalit sekoitettiin keskenään valmistajan ohjeen mukaisesti. Kemikaalit ovat vesipohjaisia, joten ne sekoitetaan veteen. Jokaisesta kemikaalista laskettiin ihanteellinen määrä, joka sekoitettiin litraan vettä. Myös veden lämpötila oli tarkkaan määrätty ohjeissa. Valmistaja antoi suosituksen sekoitukselle, mutta testeissä testattiin myös seosta, jossa oli vähemmän kemikaaleja valmistajan suositukseen verrattuna. Punaisella merkityt kohdat ovat onnistuneita tuloksia (taulukko 2).

Taulukko 2. Esimerkkitaulukko kemikaaleilla tehtävistä testeistä

Tuote	J										
Lämpötila	90	100	110	120	90	100	110	120	110	105	110
seos	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
aika	5 min	5	5	5	5	5	5	5	1,5	3	3
kost %	16,88	29,22	50,83	42,54	45,47	53,68	50,08	49,92	49,52	44,76	31,29

Tulokset merkittiin taulukkoon jokaisesta testikappaleesta. Taulukkoon merkittiin testikankaan nimi, lämpökaapin lämpötila, käytetty seos, aika lämpökaapissa ja se, mikä on ollut testikappaleen kosteusprosentti lämpökaappiin mentäessä (taulukko 2).

Tarkoituksena oli testata vielä useampaa seosta, mutta seos 2 osoittautui hyväksi jokaiselle testauskankaalle, joten useammalle seokselle ei ollut tarvetta. Seos 2 on sovellettu valmistajalta saadulta suosituksekoituksesta. Myös seos 1, jossa oli vähemmän kemikaaleja, sopi tietyille testikankaalle, mutta ei kaikille. Lisäksi vedenhylkivyyys oli selvästi vahvempaa seosta heikompi.

Eri materiaalit ja kangaslaadut reagoivat eritavoin kemikaaliseokseen ja lämpötilaan. Luonnonkuiduilla, jotka kestävät korkeaa lämpötilaa, oli tasaisia tuloksia. Synteettisillä- ja sekoitematerioilla oli eniten haasteita saada kemikaaliseos reagoimaan.

3.3 Muut testit

Muissa testeissä perehdyttiin kemikaalien fyysisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin testikankaissa. Mikäli nesteiden hylkivyyden toimii, testit ovat onnistuneita. Kemikaalit eivät saa kuitenkaan vaikuttaa fyysisiin ominaisuuksiin. Muihin testeihin lukeutuvat väritesti, nesteiden hylkivyyden määritykset, murtolujuuden määrittäminen, hankauksenkestävyyden määrittäminen, pesutesti ja FTIR. Väritesti ja nesteidenhylkivyydesti olivat kriittisiä tuloksien kannalta, koska ne testit määrittävät ovatko kemikaaliresepti sekä lämpötila/aikasuhteen määrittäminen onnistuneet.

Murtolujuuden ja hankauksenkestävyyden testeillä selvitettiin, onko kemikaaliseoksella ollut vaikutusta testattavien materiaalien fysikaalisiin ominaisuuksiin. Testit suoritettiin standardeja hyödyntäen. Pesutestillä tutkittiin kemikaalien pysyvyyttä kankaissa. FTIR:llä taas tutkittiin kemikaalien vaikutusta kankaan materiaalin tunnistamiseen. Kaikille testikankaalle tehtiin väritesti, nesteidenhylkivyyden testaus ja FTIR. Pesutestiin, hankauksenkestävyydestiin ja murtolujuuden määrittämiseen valittiin vain osa kankaista testattaviksi. Näiden testien testikankaat pyrittiin valitsemaan niin, että puolet olisi luonnonkuituja ja puolet synteettisiä tekokuituja.

3.3.1 Väritesti

Väritestissä tutkittiin, onko kemikaaleilla vaikutusta tekstiilien väriin. Testiä ei suoritettu standardin mukaan, vaan testi suoritettiin vertaamalla puhdasta ja käsiteltyä kangasta. Testi suoritettiin jokaiselle kankaalla. Tässä testissä myös tutkittiin, onko kemikaaleilla ollut vaikutusta tekstiilien pinnan rakenteeseen.

3.3.2 Nesteidenhylkivyyden määrittäminen lusikkatestillä

Nesteidenhylkivyydestit olivat opinnäytetyön kannalta tärkeimmät testit. Toimeksiantaja halusi testata nesteidenhylkivyyttä lusikkatestin avulla. Lusikkaan laitetaan vettä, ja se kaadetaan testikankaan päälle. Testi olisi onnistunut, jos tekstiilin pinta hylkii vettä. Nesteen imeytymistä seurattiin ja kelloitettiin (kuva 2). Testi määrittä lopullisen aika/lämpötilatuloksen.

Testejä tehtiin veden lisäksi Coca Colalla ja punaviinillä. Testejä ei tehty lusikkatesti-menetelmällä, vaan kaatamalla nestettä tekstiiliin. Tämä tehtiin sen takia, että saataisiin paras mahdollinen tulos (kuvat 3 ja 4). Coca Cola valittiin testimateriaaliksi, koska haluttiin nähdä, onko hiilihapotetulla virvoitusjuomalla vaikutusta kemikaalipinnoitteen toimintaan. Coca Cola soveltui hyvin testiin sen happamuuden ja värin takia. Punaviini on yleensä ollut hankala puhdistaa tekstiileistä, joten sen takia se valittiin myös tähän testiin. Lisäksi testissä seurattiin alkoholin vaikutusta kemikaaliin.



Kuva 2. Vedellä testatut kankaat



Kuva 3. Coca Colalla testatut kankaat



Kuva 4. Punaviinitesti

3.3.3 Nesteidenhylkivyyden määrittäminen spraytestillä

Nesteidenhylkivyyttä on mahdollista myös mitata spraytestillä standardin ISO 4920:2012 mukaan. Spray-testissä mitataan tekstiilien vedenhylkivyyttä vesipisaroiden avulla. Testi tehdään ruiskutuslaitteella, joka koostuu pystysuorassa olevasta suppilosta sekä metallisesta suuttimesta. Suuttimessa on 19 reikää halkaisijaltaan $0,86 \pm 0,05$ mm. 250 ml veden virtauksen kesto suuttimen läpi tulisi kestämään 25 - 30 sekuntia. Testattava tekstiilinäyte kiinnitetään joko metalliseen tai puiseen kehikkoon. Kehikko koostuu kahdesta toiseensa sopivasta renkaasta. Toisen renkaan ulkokehän halkaisija tulisi olla 155 ± 5 mm ja toisen kehikon sisähalkaisija myös 155 ± 5 mm. Kehikko asetellaan testialueen keskikohtaan ja kallistetaan 45° kulmaan suihkusmittimen alapuolelle. Suuttimen ja testialueen keskikohdan välin tulisi olla 150 ± 2 mm. Testi suoritetaan tislattulla tai täysin deionisoidulla vedellä 20°C tai 27°C . (SFS-EN ISO 4920:en, 2013.)

Testi suoritettiin neljälle tekstiilille. Jokaisesta tekstiilistä otettiin kahdeksan näytekappaletta: neljä puhdasta ja neljä kemikaalikäsiteltyä näytettä. Näytekappaleet leikattiin noin 20 mm:n levyisiksi. Testissä laskettiin repäisyjujuutta N/mm² liuskamenetelmällä. Liuskates-tissä testattava tekstiili on koko leveydeltään kiinni vetokojeen leuoissa (SFS-EN ISO 13934-1, 2013). Standardin SFS-EN ISO 13934-1 mukaan näytekappaleita pitäisi ottaa viisi testattavaksi, mutta tässä testissä neljästä sai tarvittavan otoksen.

3.3.5 Hankauksenkestävyys

Hankauksenkestävyydellä mitataan tekstiilien kykyä kestää tekstiilien pinnalle kohdistettua toistuvaa Lissajous-kuvion muotoista hankaavaa rasitetta. Lissajous-kuvio on pyörimisliik-keestä syntynyt kuvio, joka muuttaa muotoaan ympyrästä ellipseiden kautta suoraksi vii-vaksi. Viivasta liike levenee jälleen ellipseiksi. Hankausjujuutta mitataan kierrosmäärillä. (SFS-EN ISO 12947-1, 1999.)

Hankausjujuutta voidaan mitata rakenneauriomenetelmällä, massahäviömenetelmällä tai määräkierrosmenetelmällä. Rakenneauriomenetelmässä testattavaa kangasta hanga-taan niin kauan, kunnes pintaan ilmestyy vaurio. Rakenneaurio määritetään, jos han-kauspinnalta on vähintään kaksi lankaa poikki. Massahäviömenetelmässä testattava kan-gas punnitaan ennen ja jälkeen hankaudenkestokoetta. Punnituksessa tutkitaan kankaan massan häviötä hankauksen aikana. Määräkierrosmenetelmällä tutkittavista tekstiileistä hangataan sama määrä kierroksia. Hankauksen aiheuttamia muutoksia tutkitaan ja arvioi-daan visuaalisesti mikroskoopin avulla tai paljain silmin. (Änkö 2004.)

Hankauksenkestävyydestillä selvitettiin miten hyvin kemikaalit kestävät hankausta tekstii-leissä (kuva 4). Testin päähuomio oli, miten hankaus vaikuttaa nesteidenhylkivyyteen. Hankauksenkestävyys suoritettiin Martindale-hankauksenkesto testilaitteella, joten testi tehtiin Martindalelle määrätyn standardin SFS-EN ISO 12947-1 mukaan. Testiin valmistel-tiin koepaljojen lisäksi tukikangas ja vaahtomuovi. Vaahtomuovi leikattiin samoilla mitoilla kuin koepala. Standardin SFS-EN ISO 12947-2 mukaan yksityistilojen huonekalujen teks-tiilien tulisi kestää 10 000 hankauskierrosta. Testi suoritettiin kolmessa erässä: 2500 ha-kauskierrosta, 5000 hankauskierrosta ja 10 000 hankauskierrosta. Testikankaat punnittiin ennen ja jälkeen hankaustestin, jolloin niistä sai laskettua mahdollisen kuluman. Hankaus-testeissä pystyi olemaan neljä testikangasta saman aikaisesti. Yhden testikankaan halkai-sija oli 38 mm. 2500 kierroksessa rinnakkaiskappaleita oli kolme. Muuten jokaisesta kier-roksesta otettiin yksi testinäyte, jossa tarkkailtiin, miten nesteidenhylkivyyys säilyy han-kauskierroksia lisätessä. Testissä käytettiin standardin verhoilutekstiileille määrittämää 12 kPa:n nimellispainetta.



Kuva 4. Martindale-hankauksenkesto testilaite

3.3.6 Pesutesti

Pesutesteillä voidaan tarkkailla tekstiilien värienkestoa. Pesut jaetaan kahteen ryhmään: vesipesunkesto ja kemiallisen pesun kesto. Vesipesussa tarkkaillaan, miten tekstiilin värit kestävät tietyssä lämpötilassa pesua. Vesipesut suoritetaan seuraavissa lämpötiloissa: 30 °C, 40 °C, 60 °C ja 95 °C. Kemiallisessa pesussa taas tutkitaan, miten värit kestävät pesulassa suoritettavan kemiallisen pesun menetelmiä. (Markula 1999, 272-273.)

Opinnäytetyössä pesu suoritettiin normaalilla kotitaloudessa käytettävällä pesukoneella. Tarkoituksena oli määrittää pesun vaikutusta kemikaalien kestävyyskestävyyteen tekstiileissä. Pesu suoritettiin normaalin pyykin mukana. Pesussa testattiin kolmea tekstiiliä, joiden materiaaleina oli puuvillaa, polypropeenaa ja polyesteriä. Pesusta tehtiin myös taulukko, johon merkittiin käytetty tuote, käytetty seos ja aika/lämpötila suhde (taulukko 3).

Pesuohjema:

- kirjopesu
- linkous
- 50 °C
- pesuaine: Ariel 3in1 Color & Style.

Taulukko 3. Esimerkkitaulukko pestävistä tekstiileistä

Tuote	J	A	F
Lämpötila	100	140	115
seos	2	2	2
aika	5	3	3

3.3.7 FTIR

Tarkoituksena on tutkia käsiteltyjen kankaiden kierrätettävyyttä. FTIR-mittauksella selvitetiin, onko kemikaaleilla vaikutusta kierrätyksessä materiaalien tunnistukseen. FTIR-spektroskopia analysoi materiaalien infrapunasäteilystä aiheutuvaa molekyylien sidoksien värähtelytaajuutta. FTIR-tunnistaa materiaalin, vertaamalla annetun näytteen käyrää ohjelman kirjaston näytteisiin. Samoilla materiaaleilla on samankaltainen näyte. Testi suoritettiin ottamalla puhtaasta ja käsitellystä tekstiilistä näyte. Näytteistä saatuja käyriä verrattiin toisiinsa ja analysoitiin kemikaalin vaikutusta näytteen tunnistamisessa (Top Analytica 2019).

4 YHTEENVETO

Vaikka fluorokemikaalit ovatkin ympäristöä kuormittavia, ne ovat silti tehokkaita. Vaateteollisuus ei ole pystynyt kokonaan korvaamaan niitä. Tehokkaan vedenhylkivyyden takia niitä käytetään paljon edelleen ulkoiluvaatteiden- ja verhoilutekstiilien tuotannossa. Nykyään fluorokemikaaleja tutkitaan tarkemmin ja niiden haitat ovat tiedossa. Pidempiketjuiset kemikaalit korvataan lyhyempiketjuisilla kemikaaleilla, jolloin kemikaalien vaikutusaika luonnossa puolittuu. Lyhyempiketjuiset yhdisteet eivät ole yhtä haitallisia ympäristölle kuin ennen käytetyt pidempiketjuiset yhdisteet.

Fluorokemikaalien käyttö teollisuudessa on yleistä, sillä ne reagoivat nopeasti ja haluttu tulos on helppo saada. Tutkimuksessa todettiin, että käytetyt kemikaalit reagoivat hyvin ja ne antoivat hyvät vedenhylkivyydestulokset testatuille kankaille vaikuttamatta kuitenkaan niiden väri-, lujuus- sekä pesunkesto-ominaisuuksiin. Kemikaalit reagoivat hyvin erilaisille kankaille ja sopivat eri materiaaleille. Kemikaalien mukana tuli hyvät reseptit erilaisille materiaaleille ja niiden käyttötarkoituksille.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Markula, R. 1999. Tekstiilitieto. 9. uudistettu painos. Porvoo: WSOY.

SFS-EN ISO 4920:en, 2013 Textile fabrics. Determination of resistance to surface wetting (spray test) (ISO 4920:2012). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 12947-1, 1999. Tekstiilit. Kankaiden hankauksenkestävyyden määrittäminen Martindale-menetelmällä. Osa 1: Martindale-hankauksenkestävyyden testauslaitte. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 12947-2:2016, 2016. Tekstiilit. Kankaiden hankauksenkestävyyden määrittäminen Martindalemenetelmällä. Osa 2: Näytteen rikkoutumisen määrittäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 13934-1, 2013. Tekstiilit. Kankaiden lujuusominaisuudet. Osa 1: Suurimman murtovoiman ja murtovenymän määrittäminen liuskamenetelmällä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Elektroniset lähteet

ALS 2019. PFAS [viitattu 1.12.2019]. Saatavissa: <https://www.alsglobal.fi/ymparisto/pfas>

Lampela, R. 2018. Kiertotalous: Ei muovia, fluorokemikaaleja tai vahoja - uusi suomalainen pakkauskartonki sopii rasvaisiin ruokiin. Tekniikka & talous. 29.5.2018 [viitattu 22.10.2019]. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/ei-muovia-fluorokemikaaleja-tai-vahoja-uusi-suomalainen-pakkauskartonki-sopii-rasvaisiin-ruokiin/e234d113-655f-3a92-acd2-3b7955637a7f>

Krautsuk, S. 2017 Suomalainen yritys teki sen – kahvin, rasvan ja oluen kestävä muovitomat ihmepahvit lähtevät maailmalle: "Kiinnostus on valtavaa". Yle. 13.7.2017. [viitattu 22.10.2019]. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9717592>

Mehtonen J., Perkola N., Reinikainen J., Seppälä T., Suikkanen J. 2016 Perfluoratut yhdisteet ympäristössä – tietopaketti. 21.06.2016. [viitattu 6.12.2016]. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BC7CCDE2E-857E-40C8-9573-00373E7EBC11%7D/119667>

- Reinikainen, J., Perkola, N., Takala, M., Äystö, L., ja Ahkola, H. 2019. Perfluorattujen alkyliyhdisteiden ympäristötutkimukset ja riskinarviointi. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 21/2019. [viitattu 1.12.2019]. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/301524>
- Riistaniemi, T. 2016. Jätevesiin jää haitallisia kemikaaleja. Savon Sanomat. 7.11.2016. [viitattu 13.12.2019]. Saatavissa: <https://www.savonsanomat.fi/kotimaa/Jätevesiin-jää-haitallisia-kemikaaleja/869658>
- Seppälä, T ja Munne P 2013. Perfluorioktaanisulfonaatti PFOS. Ympäristö.fi. 1.10.2013. [viitattu 3.12.2019]. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/download/name/%7BCB75BAED-6E43-4B41-8D2B-2F7FFF4EC4D6%7D/94328>
- Terveysten ja hyvinvoinnin laitos. 2019. Ympäristöterveys: Fluoratut yhdisteet. 9.9.2019. [viitattu 22.10.2019]. Saatavissa: <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkeempaa-tietoa-ymparistomyrkyista/fluoratut-yhdisteet>
- Top Analytica. 2019. Analysointimenetelmät. Molekyylispektroskopia. [viitattu 4.12.2019]. Saatavissa: [https://www.topanalytica.com/Molekyylispektroskopia-\(FTIR/RAMAN\)](https://www.topanalytica.com/Molekyylispektroskopia-(FTIR/RAMAN))
- Tuomisto, J. 2014. Mistä kuravaatteet on tehty? Duodecim.Terveyskirjasto. 3.11.2014. [viitattu 1.12.2019]. Saatavissa: https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=asy00305
- Ympäristö.fi 2016. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu: Perfluoratut yhdisteet. 23.6.2016. [viitattu 4.12.2019]. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Kemikaalien_ymparistoriskit/Ymparistoon_paatyvat_haitalliset_aineet/Perfluoratut_yhdisteet
- Åström-Kupsanen, M. 2015. Ulkovaatevalmistajat pyristelevät eroon PCF-yhdisteistä. Yle. 3.12.2015. [viitattu 22.10.2019]. Saatavissa: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2015/12/03/ulko-vaatevalmistajat-pyristelevat-eroon-pfc-yhdisteista>
- Änkö, A. 2004. Tekstiilien testaus: hankauslujuus. VirtuaaliAMK. 11.8.2004. [viitattu 10.12.2019]. Saatavissa: <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/030507/1086702378009/1086704903807/1092229833071/1092229956031.html>